MATHEMATISCHE
UND
NATURWISSENSCHAFTLICHE
BERICHTE AUS UNGARN

AUS DEN REVENUEN DER GRAF ALEXANDER VIGYÁZÓ STIFTUNG
UNTERSTÜTZT DURCH DIE UNGARISCHE AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN
(MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA)

REDIGIERT VON
JOSEF KÜRSCHÁK UND BÉLA MAURITZ
MITGLIEDER DER UNGARISCHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

SIEBENUNDDREISSIGSTER BAND 1930

BUDAPEST
DRUCK DES FRANKLIN-VEREIN
1930

MATHEMATISCHE
UND
NATURWISSENSCHAFTLICHE
BERICHTE AUS UNGARN

AUS DEN REVENUEN DER GRAF ALEXANDER VIGYÁZÓ STIFTUNG
UNTERSTÜTZT DURCH DIE UNGARISCHE AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN
(MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA)

REDIGIERT VON
JOSEF KÜRSCHÁK UND BÉLA MAURITZ
MITGLIEDER DER UNGARISCHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

SIEBENUNDDREISSIGSTER BAND 1930

BUDAPEST
DRUCK DES FRANKLIN-VEREIN
1930

M. T. AKAD. KÖNYVTÁRA
Növedéknapló
1930. év 3924 sz.

INHALT DES XXXVII. BANDES.

Seite

1. B. Mauritz und H. F. Harwood: Der Basalt des Szent György-berges in der Balatongegend (Plattenseegebiet). (Mit drei Tafeln.) 1
2. A. Vendl: Petrographische Untersuchung der paläolithischen Abspliesse aus der Höhle Büdöspest. (Mit einer Tafel.) ... 32
3. D. Fehér: Untersuchungen über den zeitlichen Verlauf des Mikrobenlebens des Waldbodens ... 51
4. D. Fehér und L. Varga: Untersuchungen über die Protozoen-Fauna des Waldbodens ... 81
5. A. Kutassy: Dass Vorkommen der Heterastridien in der ungarischen Trias. (Mit einer Tafel.) ... 111
6. L. Patai: Untersuchungen über die Alefreihe ... 127
7. F. Kövessi: Erläuterungen der Gesetzmässigkeiten im Ablaufe der Lebenserscheinungen lebender Wesen. IV. ... 143

DER BASALT DES SZENT GYÖRGY-BERGES IN DER BALATONGEGEND (PLATTENSEEGEBIET).

(Mit drei Tafeln.)

Von B. MAURITZ und H. F. HARWOOD.

Vorgelegt der III. Klasse der Ungarischen Akademie der Wissenschaften in der Sitzung vom 10. Dez. 1928.

Mit den basaltischen Gesteinen des Plattenseegebietes beschäftigte sich eingehend Steph. Vitális.[1] E. Sommerfeldt[2] untersuchte die Verteilung des Titans in der basalen Region und der Lavamütze des Szent György-Berges (1. Figur der I. Tafel).

Laut Vitális ist das Gestein des Szent György-Berges ein Ilmenit-Magnetit-Feldspat-Basalt vom Typus Kabhegy: diese Gesteine sind charakterisiert «durch den negativen Charakterzug, dass in diesen die trichitische und ilmenitische gelblichbraune Glasbasis gänzlich fehlt (Seite 74 bei Vitális)» und «im Stocke des Szent György-Berges ist der Ilmenit von der tiefsten aufgedeckten Region bis zum Sattel gleichförmig ausgeschieden (Seite 81 bei Vitális)». Vitális erwähnt noch (Seite 31): «die säulige und im oberen Horizonte auch polyedrisch abgesonderte, zusammen 40—50 m mächtige Basaltmasse bildet eine einheitliche Basaltdecke, welche nach der Kokkolithenstruktur zu urteilen aus schlierigem Magma entstanden ist»; weiter bemerkt Vitális (Seite 32) «diese geologische Struktur des Szent György-Berges erlaubt den Schluss, dass das basal-

[1] Die Basalte der Balatongegend. Resultate der wissenschaftlichen Erforschung des Balatonsees. I. Band. 1. Teil. Geol. petr. min. und mineralchemischer Anhang.

[2] Petrographisch-chemische Untersuchungen an den Basalten des südlichen Bakony. Daselbst.

tische Material des Berges wenigstens während zwei, ja wahrscheinlich drei Eruptionszyklen aufgebaut wurde: aus dem ersten rührt der untere Basalttuffring und die säulig abgesonderte Basaltdecke her, aus dem zweiten der polyedrische Basalt des Nordabhanges und der obere Basalttuff und zum dritten der schlackige Bombenbasalt des Gipfels».[1]

Laut Vitális zeigt der Szent György-Berg folgenden Aufbau. Der untere Basalttuff befindet sich in 270—290 m Meereshöhe; die einheitliche 40—50 m mächtige Basaltdecke nimmt die Meereshöhe 290—330 m ein; der obere Basalttuff lagert in der Meereshöhe 336—380 m. Die Scheitelkuppe ist 80 m hoch (415 m Meereshöhe); der untere Teil der Scheitelkuppe besteht aus Basalttuff und zwar in beläufig 60 m Mächtigkeit; darüber lagert eine 20 m mächtige schlackige, mit Bomben bestreute Basaltdecke.

Diese Verhältnisse beobachtete Vitális in erster Linie in dem sog. südlichen Steintor, welches sich zu einem geräumigen Becken erweitert.

Die neueren Aufschlüsse bestätigen, dass mindestens der westliche Teil der Basaltdecke des Szent György-Berges keine einheitliche Decke ist, sondern infolge zweier scharf getrennten Ergüssen entstand. An der westlichen Seite des Berges wurde ein umfangreicher Steinbruch eröffnet (derzeit nicht im Betrieb), in welchem die Lagerungsverhältnisse sehr gut beobachtbar sind. Zu unterst liegt der Basalttuff, welcher die Sohle des Steinbruches bildete. Darauf folgt die untere 10—15 m mächtige untere Basaltdecke, deren Gestein dunkler gefärbt und von grobkörniger Struktur ist; dasselbe zeigt eine dicksäulige und dünnbankige Absonderung (2. Figur der I. Tafel). Diese untere Decke ist scharf geschieden von der oberen Decke. Das Gestein der letzteren ist heller gefärbt, bedeutend feinkörniger und zeigt eine dünnsäulige Absonderung; die dünnren Säulen laufen

[1] Der ungarische Text stimmt hier bei Vitális mit dem deutschen nicht völlig überein; im ungarischen Text steht nähmlich: «zum älteren (Eruptionszyklus) gehört der untere Basalttuffring und die säulig abgesonderte untere Basaltdeckte; zum jüngeren der obere Basalttuff und der schlackige Basalt des Gipfels».

kuppelförmig gegen die Spitze zu (3. Figur der II. Tafel). Zu oberst folgt der schlackig-poröse Basalt.

Die Gesteine der beiden Lavastrome besitzen grundverschiedene Strukturen. Das Gestein der unteren Lavadecke ist bedeutend grobkörniger, d. h. von doleritischer Struktur. Schon mit freiem Auge erkennt man die Olivinindividuen, Augitkörnchen und auch einzelne Feldspatlamellen, die eine Grösse von 0·5 mm erreichen. Sogar einzelne Titaneisenlamellen sind eben noch erkennbar. Das Gestein rostet an der Luft ziemlich rasch. Unter dem Mikroskop zeigt das Gestein porphyrische Struktur. Als Einsprenglinge erscheinen Olivin-, Augit-, Feldspat- und Titaneisenindividuen. Die Olivineinsprenglinge sind grösstenteils automorph, meist mit den üblichen sechsseitigen Durchschnitten; die Serpentinisierung ist verschieden weit vorgeschritten; einzelne Olivinkörner werden von nur wenigen Serpentinadern durchzogen, andere umwandelten sich schon grösstenteils in grünlichem Serpentin. Im Olivin sieht man krappbraun durchsichtige kleine Titaneisenglimmerlamellen. Spärlicher sind die Augiteinspenglinge; oft lassen sie die folgende Formen erkennen: $\{100\}$, $\{010\}$, $\{110\}$, $\{\bar{1}11\}$. Habitus der Kristalle meist kurzprismatisch, selten langprismatisch; im Querschnitt charakteristisch achteckig und mit guter Spaltbarkeit. Gewöhnlicher sind die fast xenomorphe Körner. Farbe makroskopisch schwarz, unter dem Mikroskop entweder hellbräunlich, mit einem Stich ins Violette und Grünliche, oder seltener mehr bräunlichviolett durchsichtig; keine Zonen- oder Sanduhrstruktur; Zwillinge, auch polysynthetische, nach $\{100\}$ häufig. Pleochroismus kaum erkennbar. Auslöschung an der Fläche (010), d. h. $c : c = 39°$; Bissektrizendispersion sehr schwach, aber erkennbar; Axendispersion stark. Diese optischen Eigenschaften zeigen auf einen basaltischen Augit, welcher wenig Titansäure enthält. Als Einschlüsse erscheinen nur einzelne Erzkörner.

Die Feldspateinsprenglinge sind gerade selten. Habitus fast immer tafelförmig, Länge der Tafel 1 mm, Breite 0·3 mm; ausschliesslich polysynthetische Albitzwillinge, mit ziemlich dichter Zwillingslamellierung; nebenbei auch Karlsbader und Bavenoer Zwillinge. Keine eigentliche Zonenstruktur mit scharfen Grenzen

der Zonen, aber grosser Unterschied in der Auslöschung; nähmlich im Innern der Lamellen sehr schiefe Auslöschung, aussen fast gerade Auslöschung; maximale symmetrische Auslöschung 34–40°; konjugierte Auslöschung an Albit-Karlsbader Vierlinge 15—25° und 35—45°, somit ist der Kern der Lamellen sehr basisch, die Hülle bedeutend saurer; mittlerer Brechungsexponent 1·56; somit gehören diese Feldspate grösstenteils in die Labradorreihe.

In der Grundmasse findet man Olivinkörnchen nur sehr spärlich. Sie besteht hauptsächlich aus Feldspattafeln und Augitkörnchen. Die Feldspattafeln der Grundmasse erscheinen in den Dünnschliffen meist als Leisten; sie besitzen einen Durchmesser von 0·1—0·2 mm und eine Breite von 0·01—0·03 mm. Polysynthetische Zwillingslamellierung ist fast ausnahmslos an allen Tafeln erkennbar; die Auslöschung etwas kleiner, wie in den Einsprenglingfeldspaten; somit ist der Feldspat der Grundmasse ein saurerer Labradorit; hierauf weist auch der Brechungsexponent.

Die Augitindividuen der Grundmasse sind seltener automorph, meist bilden dieselben nur rundliche oder eher längliche Körnchen; die Farbe ist öfters mehr grünlich als bräunlichviolett; sonst zeigen sie dieselbe Eigenschaften wie die Einsprenglingaugite. Stellenweise häufen sich die Augitkörnchen in reichlicher Menge zusammen, so dass 2—3 mm grosse Haufen entstehen, die ausschliesslich aus Augitindividuen bestehen.

Äusserst spärlich erkennt man einzelne winzige rötlichbraune stark pleochroistische Biotittäfelchen.

Das Gestein wird am schärfsten charakterisiert durch das massenhafte Auftreten des Titaneisens. Derselbe erscheint meistens in den bekannten zerhackten Formen; stellenweise aber erkennt man auch sechsseitige Umrisse, bzw. tafelige Kristalle. Die tafeligen Formen zeigen ebenfalls keine geradlinige, sondern mehr zerhackte Konturlinien. Die grösseren und zerhackten Individuen enthalten Feldspat- und Augiteinschlüsse, bzw. die Feldspatleisten und Augitkörnchen sind teilweise in die Titaneisenindividuen eingewachsen; letztere erreichen eine Dimension von 0·8 mm (4. Figur der II. Tafel). Diese verschiedenen Wachs-

tumsformen des Titaneisens erscheinen im Gestein meist gruppenweise; so dass das Titaneisen nicht gleichmässig verteilt, sondern stellenweise reichlich aufgehäuft wurde. Alle diese grösseren Titaneisenindividuen sind vollkommen opak; die metallglänzenden Täfelchen reflektieren das Licht mit bläulicher Farbe. Oft erkennt man aber, dass die sich verdünnenden Täfelchen in krappbraun durchsichtigen Titaneisenglimmer übergehen. Die äusserst dünnen sechsseitigen oder eher lappenförmigen Titaneisenglimmertäfelchen erscheinen in der Grundmasse massenhaft; entsprechend der Dicke werden dieselben in hell- oder dunkelbrauner Farbe durchsichtig. Eine sechsseitige Parkettierung der Lamellen ist oft erkennbar. Dieses massenhafte Auftreten der Titaneisenglimmer-Lamellen charakterisiert am allerschärfsten das Gestein der unteren Lavadecke (5. Figur III. Tafel). Solche Titaneisenglimmer-Plättchen erscheinen aber selten auch als Einschlüsse in den Olivinkörnchen. Es ist eine höchst auffallende Erscheinung, dass das Titaneisen teilweise eine spätere Bildung ist als die Feldspattäfelchen, welche in das Erz ringsherum oder wenigstens teilweise eingeschlossen wurden. Als Magneteisenerz können nur die spärlichen quadratischen Erzdurchschnitte bezeichnet werden, die aber in Bezug an Menge von dem Titaneisen weit übertroffen werden.

In grosser Menge erscheinen in der Grundmasse äusserst feine sehr lange Nädelchen. Die Mehrzahl derselben ist farblos, zeigt starke Lichtbrechung und gut erkennbare Doppelbrechung mit schiefer Auslöschung. Dieselben sind aller Wahrscheinlichkeit nach Augitnädelchen. Andere Nädelchen lassen sich als Apatitprismen bestimmen: Doppelbrechung sehr schwach, Auslöschung gerade, Längsrichtung = a, charakteristische Querabsonderung in einzelne Glieder, parallel der Längsrichtung zieht sich in der Mitte ein dunkelgefärbter Kanal; Querschnitt der Nädelchen sechseckig. Diese Apatitnädelchen sind sehr zeitige Bildungen; einzelne sehr lange (3 mm), aber sehr dünne (0·03) Prismen durchqueren ohne Hinderniss sämtliche Gemengteile.

Gesteinsglas kann man in der Grundmasse keines erkennen. Selbst in den am meisten frischen Exemplaren findet man in der Grundmasse serpentinisierte Teile: die grünliche Masse

zeigt schwache Doppelbrechung und radialfaserige Struktur. Nebenbei ist auch ein wenig Kalkspat vorhanden. Es ist nicht ausgeschlossen, dass diese serpentinisierten Teile ursprünglich aus Gesteinsglas bestanden.

In einem Handstück, das aus dieser Lavadecke stammt und zwar dicht von der Grenze des liegenden Basalttuffes entnommen wurde, konnte eine etwas abweichende Struktur festgestellt werden. Als Einsprenglinge erscheinen fast nur automorphe Olivinindividuen; die Grundmasse ist bedeutend feinkörniger; das Erz ist im Gestein gleichmässiger verteilt; neben Titaneisen findet sich etwas reichlicher Magneteisen; Titaneisenglimmer erkennt man aber in grosser Menge.

Die Struktur der unteren Lavadecke wiederholt sich fast überall am Szent György-Berg. Exemplare, die aus einem kleinen Steinbruch hoch oben an der NW-Seite des Berges entnommen wurden und eine auffallende muschelige Absonderung zeigen, und solche, die aus verschiedenen Teilen der wunderschönen Säulen (grosse Orgel) an der NE-Seite des Berges stammen — besitzen vollkommen dieselbe Struktur.

Eine grundverschiedene Struktur zeigt die obere Lavadecke, welche im westlichen grossen Steinbruche gut aufgeschlossen ist. Diese Decke ist von der unteren Decke scharf geschieden, die Gesteinsfarbe ist heller, die Struktur feinkörniger, die Absonderung dünnsäuliger; die dünnen Säulen laufen der Bergspitze kuppelförmig zu. Im heller gefärbten Gestein erkennt man mit freiem Auge nur die Olivineinsprenglinge, die schwach serpentinisiert wurden. Dieses Mineral kommt nur als Einsprengling vor; es bildet meist automorphe Kristalle, seltener xenomorphe Körner, die einen Durchmesser von 1·5 mm erreichen. Die übrigen Gemengteile beschränken sich auf die Grundmasse. Letztere ist bedeutend feinkörniger und besteht hauptsächlich aus Plagioklastäfelchen, Augitkörnchen und Erzpartikelchen (6. Figur der III. Tafel).

Die Feldspattäfelchen erscheinen unter dem Mikroskop als feine dicht zwillingslamellierte Leisten (0·1—0·2 mm lang und 0·01—0·02 mm dünn); die optischen Eigenschaften weisen auf Labradorit: mittlerer Brechungsexponent 1·56, maximale sym-

metrische Auslöschung ca 35°. Die Augitindividuen sind meist automorph; Habitus kurzprismatisch; Länge und Breite der Stäbchen: 0·05—0·15 und 0·01—0·02 mm; seltener sind die rundlichen Körnchen; Farbe hellgrünlich; Auslöschungsschiefe ca. 40°; Bissektrizendispersion bemerkbar. Die Feldspat- und Augitindividuen wurden vollkommen frisch erhalten. Die Erze bestehen grösstenteils aus Magneteisen; in dieser Beziehung unterscheidet sich das Gestein der oberen Lavadecke am schärfsten vom dem der unteren Decke. Das Magneteisen ist im ganzen Gestein gleichmässig dicht verstreut: die winzigen Körnchen (0·01—0·04 mm) bildeten sich meist automorph aus; unter dem Mikroskop zeigen sie vier-, seltener drei- oder sechseckige Durchschnitte. Demgegenüber erkennt man das Titaneisen nur in sehr spärlicher Menge; die zerhackten Formen fehlen vollkommen; stellenweise sieht man in der Grundmasse die krappbraun durchsichtige Läppchen dieses Minerals, dessen Plättchen ausserordentlich dünn sind und selten sechsseitige, meist wellenförmige Konturen zeigen.

Die feinen Nädelchen, die in dem vorigen Gestein so massenhaft erschienen und teilweise als Augitnädelchen, teilweise als Apatitprismen bestimmbar waren, sind auch in diesem Gestein erkennbar, aber nicht in solcher Menge.

Trotzdem dass das Gestein ziemlich frisch erhalten wurde, sind viele Lücken der Grundmasse mit Kalkspat erfüllt; eben deswegen lässt sich in der Grundmasse kein Gesteinsglas zu bestimmen.

Vitális behauptet, dass «in dem aus älterem Lavastrome entstandenen Basanitoid der Magnetit, im jüngeren Feldspatbasalt der Ilmenit überwiegend ist (Seite 82, Notiz)». Wie aus der vorhergehenden Beschreibung erkennbar ist, ergaben meine Untersuchungen am Szent György-Berg dieser Behauptung widersprechende Resultate.

E. Sommerfeld's Untersuchungen können kaum berücksichtigt werden, da dieser Forscher den wahren Aufbau des Szent György-Berges nicht erkannte.

Über die chemische Zusammensetzung der Gesteine und besonders über die Verteilung des Titangehaltes in den beiden

Lavadecken geben die chemische Untersuchungen von H. F. Harwood volle Aufklärung.

1. Szent György-Berg, untere Lavadecke. Analytiker H. F. Harwood.

SiO_2	48·73 %
Al_2O_3	15·78
Fe_2O_3	2·89
FeO	6·47
MgO	7·09
CaO	8·93
Na_2O	4·08
K_2O	1·04
H_2O^+	1·33
H_2O^-	0·45
CO_2	n. v.
TiO_2	2·44
ZrO_2	Sp.
P_2O_5	0·83
Cl	n. v.
S	0·01
MnO	0·16
SrO	—
BaO	0·08
Li_2O	Sp.
V_2O_3	0·05
Cr_2O_3	0·017
NiO	n. v.
	100·37 %

Die Niggli'schen Werte zeigen auf essexitgabbroide Magmen; die gabbrodioritischen Magmen sind kieselsäurereicher:

	si	*al*	*fm*	*c*	*alk*	*k*	*mg*	Schnitt
Typus der essexitgabbroiden Magmen	105	23	43	24	10	0·25	0·45	4
Typus der gabbrodioritischen Magmen	135	24·5	42·5	23	10	0·28	0·50	4
Szent György-Berg, untere Decke	116	22	44	23	11	0·14	0·58	4 und
Szent György-Berg, untere Decke	ti=4·37, qz=−28, c/fm=0·52, p=0·83							

Die Osann'schen Gesteinsparameter stimmen mit denen des Typus Londorf überein:

	s	*a*	*c*	*f*	*n*	*k*	Reihe
Typus Londorf	52·72	3·5	4	22·5	7·5	0·81	*α*
Szent György-Berg, untere Decke	54·72	4·3	4·3	21·4	8·7	0·84	*α*

2. Szent György-Berg, obere Decke. Analytiker H. F. Harwood.

SiO_2	47·79 %
Al_2O_3	15·78
Fe_2O_3	1·74
FeO	7·24
MgO	7·67
CaO	8·50
Na_2O	3·35
K_2O	2·15
H_2O^+	1·49
H_2O^-	0·82
CO_2	0·66
TiO_2	1·99
ZrO_2	n. v.
P_2O_5	0·69
Cl	0·04
S	0·01
MnO	0·16
SrO	0·03
BaO	0·06
Li_2O	Sp.
V_2O_3	0·04
Cr_2O_3	0·014
NiO	n. v.
	100·22 %

Niggli'sche Werte:

si	*al*	*fm*	*c*	*alk*	*ti*	*p*	*qz*	*k*	*mg*	*c/fm*	Schnitt
114	22	45	22	11	3·56	0·70	—30	0·30	0·61	0·48	4

Osann'sche Gesteinsparameter:

s	*a*	*c*	*f*	*n*	*k*	Reihe
53·97	4·2	4·3	21·5	7·0	0·81	*β*

Die NIGGLI'schen Werte weisen ebenfalls auf essexitgabbroide Magmen und die OSANN'schen Gesteinsparameter stimmen mit der Typenformel Londorf gleichfalls überein.

Der Titansäuregehalt der unteren Decke ist etwas höher als derjenige der oberen Decke. Da in dem Gestein der oberen Decke mikroskopisch nur wenig Titaneisenglimmer nachweisbar ist, muss der Magnetit dieses Gesteins in bedeutender Menge Titansäure enthalten.

Im Jahre 1921 war in diesem Steinbruch noch ein Basaltgang erkennbar (derzeit schon mit Gesteinsschutt bedeckt), der den liegenden Basalttuff durchquerte. Die Analyse dieses Ganges ergab:

3. Szent György-Berg, Gang im Basalttuff. Analytiker. H. F. HARWOOD.

SiO_2	48·80 %
Al_2O_3	17·80
Fe_2O_3	3·72
FeO	3·99
MgO	7·07
CaO	8·55
Na_2O	3·85
K_2O	0·98
H_2O^+	1·21
H_2O^-	1·07
CO_2	n. v.
TiO_2	2·33
ZrO_2	Sp.
P_2O_5	0·68
Cl	n. v.
S	Sp.
MnO	0·13
SrO	0·03
BaO	0·06
Li_2O	Sp.
V_2O_3	0·03
Cr_2O_3	n. v.
NiO	n. v.
	100·30 %

Die NIGGLI'schen Werte:

si	*al*	*fm*	*c*	*alk*	*ti*	*p*	*qz*	*k*	*mg*	*c/fm*	Schnitt
119	25·5	41·5	22·5	10·5	4·28	0·71	—23	0·14	0·63	0·55	4

Die chemische Zusammensetzung, besonders der Kieselsäuregehalt dieses Gesteins zeigt, dass dasselbe eine Mittelstellung zwischen den essexitgabbroiden und gabbrodioritischen Magmen einnimmt.

Die OSANN'schen Gesteinsparameter stehen etwas näher dem Typus Kinnekulle:

	s	*a*	*c*	*f*	*n*	*k*	Reihe
Typus Kinnekulle	53·62	3·5	5·5	21	8·0	0·86	*a*
Szent György-Berg, Gang	55·31	4·3	6·0	19·7	8·6	0·87	*a*

Die theoretische mineralogische Zusammensetzung dieser Gesteine wurde auf Grund der chemischen Analysen berechnet; die Resultate ergaben:

	Untere Decke	Obere Decke	Gang
Apatit	2·02	1·68	1·68
Ilmenit	4·71	3·80	4·41
Magnetit	4·18	2·55	5·34
Orthoklas	6·12	12·79	5·56
Albit	33·01	23·58	32·49
Nephelin	0·85	2·56	—
Anorthit	21·68	21·68	28·63
Calcit	—	0·20	—
Diopsid $CaSiO_3$	7·42	6·61	4·06
Diopsid $FeSiO_3$	1·71	1·72	0·13
Diopsid $MgSiO_3$	5·10	4·40	3·40
Hypersthen $FeSiO_3$	—	—	0·26
Hypersthen $MgSiO_3$	—	—	6·10
Olivin Fe_2SiO_4	3·06	5·51	0·20
Olivin Mg_2SiO_4	8·82	10·36	5·74
Sonstiges	1·94	2·50	2·40
Sa.	100·62	99·94	100·40

Noch aus älterer Zeit stehen uns zur Verfügung sechs Analysen basaltischer Gesteine aus dem Plattenseegebiet. Um die Blutverwandtschaft dieser Gesteine mit denen des Szent

György-Berges zu zeigen, werden diese Analysen im folgenden einer Diskussion unterworfen.

4. «Basalt». Fundort: Tátika, Kuppe. Analytiker: Ludwig Tomasowszky.

5. Basanitoid. Fundort: Tótihegy. Analytiker: Koloman Emszt.

6. Basanitoid. « Basis des Tátika. Analytiker: Ludwig Tomasowszky.

7. Limburgitoid. Fundort: Mencshely. Analytiker: K. Emszt.

8. Limburgitoid. « Rekettyés. « «

9. Limburgit. « Tihany, Diós. « L. Tomasowszky.

4. Fundort: Tátika, Kuppe. Analytiker: L. Tomasowszky.

SiO_2	48·99 %
TiO_2	0·98
Al_2O_3	16·33
Fe_2O_3	4·27
FeO	6·19
CaO	8·90
MgO	3·96
K_2O	1·40
Na_2O	5·21
Glühverlust	3·08
Sa.	99·31

Die Niggli'schen Werte weisen auf den essexitischen Magma:

	si	*al*	*fm*	*c*	*alk*	*k*	*mg*	Schnitt
Typus des essexitischen Magma	130	30	30	20	20	0·25	0·30	4/5
Tátika, Kuppe	124	24·5	36·5	24	15	0·15	0·42	4/5 und
» «	$ti = 1·83$, $qz = -36$, $c/fm = 0·67$.							

Die Osann'schen Gesteinsparameter sind denen des Typus Ragou am nächsten verwandt:

	s	*a*	*c*	*f*	*n*	*k*	Reihe
Typus Ragou	55·30	5·5	4·0	20·5	6·2	0·80	β
Tátika, Kuppe	55·81	6·0	3·7	20·3	8·5	0·79	α

5. Fundort: Tótihegy. Analytiker: K. Emszt.

SiO_2	46·78 %
TiO_2	1·78
Al_2O_3	14·66
Fe_2O_3	7·25
FeO	5·22
MgO	6·81
CaO	9·61
Na_2O	3·08
K_2O	0·45
H_2O	1·78
PO_4	0·45
Sa.	97·87

Die Niggli'schen Werte weisen auf den essexitgabbroiden Magma:

	si	*al*	*fm*	*c*	*alk*	*k*	*mg*	Schnitt
Typus d. essexit-gabbroiden Magma	105	23	43	24	10	0·25	0·45	4
Tótihegy	109	21·5	47	24	7·5	0·09	0·51	4 und

« $ti = 3·11$, $qz = -21$, $c/fm = 0·51$, $p = 0·34$.

Die Osann'schen Gesteinsparameter sind denen der Typen «Londorf» und «Kinnekulle» am nächsten verwandt:

	s	*a*	*c*	*f*	*n*	*k*	Reihe
Typus Londorf	52·5	3·5	4·0	22·5	7·5	0·81	*a*
« Kinnekulle	53·5	3·5	5·5	21·0	8·0	0·86	*a*
Tótihegy	53·28	2·9	4·8	22·3	9·1	0·87	*a*

6. Fundort: Basis des Tátika. Analytiker: L. Tomasowszky.

SiO_2	46·34 %
TiO_2	0·78
Al_2O_3	18·37
Fe_2O_3	2·81
FeO	7·24
MgO	4·22
CaO	8·63
Na_2O	5·94
K_2O	3·13
Glühverlust	2·32
Sa.	99·78

Die NIGGLI'schen Werte zeigen auf theralitische bzw. essexitische Magmen:

	si	*al*	*fm*	*c*	*alk*	*k*	*mg*	Schnitt
Typus des theralitischen Magma	100	19	42	23	16	0·25	0·48	4
Tipus des essexitischen Magma	130	30	30	20	20	0·25	0·30	4/5
Basis des Tátika	110	25·5	34	22	18·5	0·26	0·44	4 und
« « «	*ti* = 1·38, *qz* = — 64, *c/fm* = 0·64.							

Die OSANN'schen Gesteinsparameter entsprechen denen des Typus Vesuv:

	s	*a*	*c*	*f*	*n*	*k*	Reihe
Typus Vesuv	51·5	5	4	21	6·7	0·70	*β*
Basis des Tátika	52·60	7·4	2·9	19·7	7·4	0·64	*β*

7. Fundort: Mencshely. Analytiker: K. EMSZT.

SiO_2	46·18%
TiO_2	2·27
Al_2O_3	14·26
Fe_2O_3	6·93
FeO	5·72
MgO	7·23
CaO	8·24
Na_2O	4·75
K_2O	1·32
H_2O	2·14
PO_4	0·51
	99·55%

Die NIGGLI'schen Werte zeigen, dass das Gestein dem essexitgabbroiden, bzw. dem theralithgabbroiden Magmatypus nächsten verwandt ist, gegenüber dem letzteren ist das Gestein etwas saurer:

	si	*al*	*fm*	*c*	*alk*	*k*	*mg*	Schnitt
Typus des theralithgabbroiden Magma	90	20	46	23	11	0·25	0·50	4
Typus des essexitgabbroiden Magma	105	23	43	24	10	0·25	0·45	4
Mencshely	106	19·5	47·5	20·5	12·5	0·15	0·52	3 und
«	*ti* = 3·92, *p* = 0·37, *qz* = — 44, *c/fm* = 0·42.							

Die Osann'schen Gesteinsparameter stimmen mit keinem Typus vollkommen überein; am nächsten verwandt sind folgende Typen:

	s	*a*	*c*	*f*	*n*	*k*	Reihe
Typus Montsacopa	52·5	4	2	24	6·8	0·78	*β*
« Londorf	52·5	3·5	4	22·5	7·5	0·81	*α*
« Biliner Skale	50	5·5	1·5	23	6·0	0·63	*β*
« Mount Caffé	51·5	5	4	21	6·7	0·70	*β*
Mencshely	52·43	4·7	2·5	22·8	8·5	0·75	*α*

8. Fundort: Rekettyés. Analytiker: K. Emszt.

SiO_2	46·14%
TiO_2	1·77
Al_2O_3	14·74
Fe_2O_3	6·45
FeO	4·72
MgO	8·81
CaO	10·57
Na_2O	2·87
K_2O	0·61
H_2O	1·84
PO_4	0·71
	99·23%

Die Niggli'schen Werte zeigen ebenfalls auf den theralithgabbroiden, bzw. essexitgabbroiden Magma:

	si	*al*	*fm*	*c*	*alk*	*k*	*mg*	Schnitt
Typus des theralithgabbroiden Magma	90	20	46	23	11	0·25	0·50	4
Typus des essexitgabbroiden Magma	105	23	43	24	10	0·25	0·45	4
Rekettyés	102	19·5	48·5	25	7	0·12	0·60	4 und
«	*ti*=2·94, *p*=0·49, *qz*=—26, *c/fm*=0·52.							

Die Osann'schen Gesteinsparameter sind denen der Typen Londorf und Krustorp am nächsten verwandt:

	s	*a*	*c*	*f*	*n*	*k*	Reihe
Typus Londorf	52·5	3·5	4	22·5	7·5	0·81	*α*
« Krustorp	51	2·5	5·5	22	7·5	0·84	*α*
Rekettyés	51·25	2·6	4·5	22·9	8·8	0·82	*α*

9. Fundort: Tihany, Diós. Analytiker: L. Tomasowszky.

SiO_2	44·71%
TiO_2	0·92
Al_2O_3	21·05
Fe_2O_3	6·54
FeO	5·74
MgO	4·69
CaO	10·50
Na_2O	2·24
K_2O	1·19
Glühverlust	2·25
	99·83%

Die Niggli'schen Werte zeigen auf den ossipitgabbroiden Magmatypus, doch ist die Verwandtschaft mit dem essexitgabbroiden Magma ebenfalls zu erkennen:

	si	*al*	*fm*	*c*	*alk*	*k*	*mg*	Schnitt
Typus des ossipitgabbroiden Magma	110	28·5	34·5	28·5	8·5	0·12	0·60	5
Typus des essexitgabbroiden Magma	105	23	43	24	10	0·25	0·45	4
Tihany, Diós	103	28·5	39	26	6·5	0·26	0·42	4/5 und
« «	*ti*=1·59, *qz*=−23, *c/fm*=0·67.							

Die Osann'schen Gesteinsparameter zeigen auf einen neuen Typus, welcher in der Osann'schen Tabelle neben den Typus Sao Vincente einzureihen ist:

	s	*a*	*c*	*f*	*n*	*k*	Reihe
Tihany, Diós	51·20	2·8	9·2	18·0	7·4	0·83	*β*

Zum Vergleich sollen hier kurz auch die basaltischen Gesteine des Neograder Komitates in der Umgebung von Salgó-Tarján besprochen werden. Aus diesem Gebiet stehen uns sechs Analysen zur Verfügung, von denen viere neuerdings von H. F. Harwood ausgeführt wurden. Petrographisch untersuchte diese Gesteine R. Reichert.[1]

[1] R. Reichert: Petrochemische Untersuchungen an den basaltischen Gesteinen der Umgebung von Salgó-Tarján. Földtani Közlöny. **55**. 344.

10. Das Gestein von Eresztvény wurde von Rozlozsnik und Emszt als Nephelinbasanit bezeichnet. Die Analyse, ausgeführt von K. Emszt,[1] weist auf den theralithgabbroiden Magmatypus:

10. Fundort: Eresztvény. Analytiker: K. Emszt.

SiO_2	44·66%
TiO_2	0·29
Al_2O_3	16·04
Fe_2O_3	4·37
FeO	8·12
MnO	0·15
MgO	7·70
CaO	9·90
Na_2O	4·28
K_2O	1·75
H_2O	2·15
P_2O_5	0·10
	99·51

Die Niggli'schen Werte:

	si	*al*	*fm*	*c*	*alk*	*k*	*mg*	Schnitt
Typus des theralith-gabbroiden Magma	90	20	46	23	11	0·25	0·50	4
Eresztvény	95	20	46·5	22·5	11	0·21	0·53	4 und
«			$qz=-49$,	$ti=0·46$,	$p=0·09$,	$c/fm=0·49$.		

Auf Grund der Osann'schen Gesteinsparameter lässt sich dieses Gestein in die Gruppe der basischen Tephriten und Basaniten zwischen den Typen Mt. Caffé und Limburg einreihen:

	s	*a*	*c*	*f*	*n*	*k*	Reihe
Typus Mt. Caffé	51·42	5	4	21	6·7	0·70	β
Eresztvény	48·83	4·2	3·3	22·5	7·9	0·66	α
Typus Limburg	47·74	3·5	3·5	23	7·4	0·65	β

[1] Földtani Közlöny. 41. 354.

Die berechnete mineralogische Zusammensetzung:

Apatit		0·34%
Ilmenit		0·61
Magnetit		6·26
Orthoklas		10·56
Albit		7·34
Nephelin		15·62
Anorthit		19·18
Diopsid	$CaSiO_3$	12·18
	$FeSiO_3$	4·22
	$MgSiO_3$	7·30
Olivin	Fe_2SiO_4	5·30
	Mg_2SiO_4	8·40
Sonstiges		2·15
		99·46%

11. Fundort: Kis-Salgó. Analytiker: H. F. HARWOOD.

Dieses Gestein enthält folgende Gemengteile: Magnetit, Apatit, Olivin, Titanaugit mit Aegyrinaugit-Kern, basisch. Labrador, Sodalith, Glas, Analcim (?).

SiO_2	46·78%
TiO_2	2·16
Al_2O_3	16·08
Fe_2O_3	3·20
FeO	6·87
MnO	0·21
MgO	6·46
CaO	9·49
BaO	0·06
Na_2O	4·34
K_2O	2·21
H_2O^+	0·87
H_2O^-	0·46
P_2O_5	0·54
CO_2	n. v.
ZrO_2	0·02
Cl	0·10

S	0·04
SrO	n. v.
Li_2O	Sp.
NiO	n. v.
V_2O_3	0·04
Cr_2O_3	Sp.
	99·93%

Die NIGGLI'schen Zahlen weisen auf den theralithischen, bzw. theralithgabbroiden Magmatypus:

	si	*al*	*fm*	*c*	*alk*	*k*	*mg*	Schnitt
Typus des theralithischen Magma	100	19	42	23	16	0·25	0·48	4
Typus des theralithgabbroiden Magma	90	20	46	23	11	0·25	0·50	4
Kis-Salgó	108	22	41·5	23·5	13	0·25	0·54	4 und
«								$qz=-44$, $ti=3·75$, $p=0·53$, $c/fm=0·57$.

Auf Grund der OSANN'schen Gesteinsparameter lässt sich dieses Gestein in die Gruppe der sauren tephritischen und basanitischen Gesteine einreihen:

	s	*a*	*c*	*f*	*n*	*k*	Reihe
Typus Ragou	55·30	5·5	4	20·5	6·2	0·80	β
Typus Londorf	52·72	3·5	4	22·5	7·5	0·81	α
Kis-Salgó	52·81	5	3·4	21·6	7·5	0·74	α

Die berechnete mineralogische Zusammensetzung:

Apatit		1·34%
Ilmenit		4·10
Magnetit		4·64
Orthoklas		13·34
Albit		15·72
Nephelin		11·36
Anorthit		17·79
Diopsid	$CaSiO_3$	10·90
	$FeSiO_3$	3·04
	$MgSiO_3$	7·10
Olivin	Mg_2SiO_4	6·30
	Fe_2SiO_4	2·86
Sonstiges		1·59
		100·08%

12. und 13. Fundort: Kővár. Aus diesem Gestein stehen uns zwei Analysen zur Verfügung; Analytiker: H. F. Harwood und E. Endrédy.

Das glasige Gestein enthält folgende Gemengteile: Ilmenit, Magnetit, Apatit, Olivin, viel Titanaugit, basisch. Plagioklas.

	Analytiker: Harwood	Endrédy
SiO_2	46·28%	46·39%
TiO_2	2·61	2·13
Al_2O_3	15·17	15·50
Fe_2O_3	3·49	3·71
FeO	5·73	5·70
MnO	0·07	0·11
MgO	6·03	6·09
CaO	10·44	10·60
BaO	0·10	—
Na_2O	3·47	2·79
K_2O	2·20	2·44
H_2O^+	1·95	2·53
H_2O^-	1·17	0·74
P_2O_5	0·54	0·63
CO_2	0·91	0·99
ZrO_2	n. v.	—
Cl	Sp.	—
S	0·05	—
SrO	n. v.	—
Li_2O	n. v.	—
NiO	n. v.	—
V_2O_3	0·04	—
Cr_2O_3	0·013	—
	100·26%	100·35%

Die Niggli'schen Werte entsprechen dem essexitgabbroiden Magmatypus:

	si	*al*	*fm*	*c*	*alk*	*k*	*mg*	Schnitt
Typus des essexit-gabbroiden Magma	105	23	43	24	10	0·25	0·45	4
Kővár, Anal. HARWOOD	112	21·5	40	27	11·5	0·29	0·55	4/5
Kővár, Anal. ENDRÉDY	112	22	40·5	27·5	10	0·37	0·54	5

Die OSANN'schen Gesteinsparameter sind denen der Typen Londorf und Ragou am nächsten verwandt:

	s	*a*	*c*	*f*	*n*	*k*	Reihe
Kővár, Analytiker HARWOOD	53·81	4·4	3·8	21·8	7·0	0·79	β
Kővár, Analytiker ENDRÉDY	53·63	4	4·5	21·5	6·3	0·82	β
Typus Londorf	52·5	3·5	4	22·5	7·5	0·81	α
Typus Ragou	55·5	5·5	4	20·5	6·2	0·80	β

Die berechnete mineralogische Zusammensetzung des Gesteins ist:

	Analytiker: HARWOOD	ENDRÉDY
Calcit	2·10%	2·30%
Apatit	1·34	1·34
Ilmenit	5·02	4·10
Magnetit	5·10	5·33
Orthoklas	12·79	14·46
Albit	22·01	21·48
Nephelin	3·98	1·14
Anorthit	19·46	22·52
Diopsid $CaSiO_3$	9·74	8·47
Diopsid $FeSiO_3$	1·58	1·72
Diopsid $MgSiO_3$	7·20	6·00
Olivin Mg_2SiO_4	5·46	6·44
Olivin Fe_2SiO_4	1·43	1·84
Sonstiges	3·22	3·27
	100·43%	100·41%

14. Fundort: Pécskő. Analytiker: H. F. HARWOOD.

SiO_2	48·59 %
TiO_2	1·60
Al_2O_3	16·06
Fe_2O_3	3·23
FeO	4·99
MnO	0·18
MgO	7·24
CaO	9·69
BaO	0·06
Na_2O	4·03
K_2O	1·64
H_2O^+	1·73
H_2O^-	0·68
P_2O_5	0·51
CO_2	0·29
ZrO_2	n. v.
Cl	0·05
S	0·03
SrO	Sp.
Li_2O	Sp.
NiO	Sp.
V_2O_3	0·03
Cr_2O_3	Sp.
	100·63 %

Das sehr feldspat- und olivinreiche Gestein enthält folgende Gemengteile: Magnetit, Olivin, Augit, Biotit, basisch. Plagioklas, nephelinartiges Glas.

Die NIGGLI'schen Werte weisen auf theralithischen Magma:

	si	*al*	*fm*	*c*	*alk*	*k*	*mg*	Schnitt
Typus des theralithischen Magma	100	19	42	23	16	0·25	0·48	4
Pécskő	115	22·5	41·5	24·5	11·5	0·21	0·62	4 und
«	*qz* = —31, *ti* = 2·83, *p* = 0·51, *c/fm* = 0·59.							

Die Osann'schen Gesteinsparameter sind denen der Typen Londorf und Ragou am nächsten verwandt:

	s	*a*	*c*	*f*	*n'*	*k*	Reihe
Typus Ragou	55·5	5·5	4	20·5	6·2	0·80	*β*
Typus Londorf	52·5	3·5	4	22·5	7·5	0·81	*α*
Pécskő	54·02	4·5	4·1	21·4	7·9	0·78	*α*

Die berechnete mineralogische Zusammensetzung des Gesteins:

Calcit		0·70%
Apatit		1·34
Ilmenit		3·04
Magnetit		4·64
Orthoklas		9·45
Albit		26·72
Nephelin		3·98
Anorthit		21·13
Diopsid	$CaSiO_3$	9·05
	$FeSiO_3$	1·58
	$MgSiO_3$	6·60
Olivin	Mg_2SiO_4	7·98
	Fe_2SiO_4	2·04
Sonstiges		2·52
		100·77%

15. Fundort: Somlyó. Analytiker: H. F. Harwood.

SiO_2	49·34%
TiO_2	1·79
Al_2O_3	16·31
Fe_2O_3	2·63
FeO	5·23
MnO	0·14
MgO	6·42
CaO	9·17
BaO	0·05
Na_2O	3·95
K_2O	1·84

H_2O^+	2·12
H_2O^-	0·70
P_2O_5	0·50
CO_2	n. v.
ZrO_2	n. v.
Cl	Sp.
S	0·03
SrO	Sp.
Li_2O	Sp.
NiO	Sp.
V_2O_3	0·03
Cr_2O_3	0·01
	100·26 %

Die Gemengteile dieses Gesteins sind: Labrador, Diopsid-Titanaugit, Olivin, Apatit, Magnetit, Resorptionsrückstände des Amphibols, Biotit.

Die Niggli'schen Zahlen zeigen, dass das Gestein einen Übergangstypus zwischen den essexitgabbroiden und gabbrodioritischen Magmen darstellt:

	si	*al*	*fm*	*c*	*alk*	*k*	*mg*	Schnitt
Typus der gabbrodioritischen Magmen	135	24·5	42·5	23	10	0·28	0·50	4
Typus der essexitgabbroiden Magmen	105	23	43	24	10	0·25	0·45	4
Somlyó	122	23·5	39·5	24·5	12·5	0·24	0·60	4 und
«	$qz = -28$, $ti = 3·32$, $p = 0·52$, $c/fm = 0·61$.							

Die Osann'schen Gesteinsparameter beweisen gleichfalls, dass das Gestein ein Übergangsglied zwischen den Alkalikalkgesteinen (Typus Oroville, Plagioklasbasalt) und Alkaligesteinen (Typus Serrado, Trachydolerit) darstellt: letztere zeigen jedoch mehr Verwandtschaft mit diesem Gestein.

	s	*a*	*c*	*f*	*n*	*k*	Reihe
Typus Oroville	57·5	4	4	22	7·7	0·95	*α*
« Serrado	55·5	5·5	5·5	19	7·1	0·82	*β*
Somlyó	55·57	4·8	4·5	20·7	7·6	0·84	*α*

Die berechnete mineralogische Zusammensetzung des Gesteins ist:

Apatit		1·34%
Ilmenit		3·34
Magnetit		3·71
Orthoklas		11·12
Albit		27·25
Nephelin		3·41
Anorthit		21·03
Diopsid	$CaSiO_3$	8·82
	$FeSiO_3$	1·72
	$MgSiO_3$	6·30
Olivin	Mg_2SiO_4	6·86
	Fe_2SiO_4	2·45
Sonstiges		2·89
		100·24%

Die Blutverwandtschaft der basaltischen Gesteine des Plattenseegebietes mit denen des Neograder Gebietes ist aus diesen Analysen jedenfalls erkennbar. Zwar zeigt das Mikroskop in den Gesteinen des Plattenseegebietes keinen Nephelin, doch ergab die chemische Untersuchung, dass diese Gesteine *ebenfalls Übergangstypen zwischen den pazifischen und atlantischen Gesteinen darstellen.*

Niggli'sche Werte.

Fundort	Analytiker	*si*	*qz*	*ti*	*p*	*al*	*fm*	*c*	*alk*	*k*	*mg*	*c/fm*	Schnitt
1. Szent György-Berg, untere Decke	Harwood	116	—28	4·37	0·83	22	44	23	11	0·14	0·58	0·52	4
2. Szent György-Berg, obere Decke	Harwood	114	—30	3·56	0·70	22	45	22	11	0·30	0·61	0·48	4
3. Szent György-Berg, Gang	Harwood	119	—23	4·28	0·71	25·5	41·5	22·5	10·5	0·14	0·63	0·55	4
4. Tátika, Kuppe	Tomasowszky	124	—36	1·83	—	24·5	36·5	24	15	0·15	0·42	0·67	4/5
5. Tótihegy	Emszt	109	—21	3·11	0·34	21·5	47	24	7·5	0·09	0·51	0·51	4
6. Tátika, Basis	Tomasowszky	110	—64	1·38	—	25·5	34	22	18·5	0·26	0·44	0·64	4
7. Mencshely	Emszt	106	—44	3·92	0·37	19·5	47·5	20·5	12·5	0·15	0·52	0·42	3
8. Rekettyés	Emszt	102	—26	2·94	0·49	19·5	48·5	25	7	0·12	0·60	0·52	4
9. Tihany, Diós	Tomasowszky	103	—23	1·59	—	28·5	39	26	6·5	0·26	0·42	0·67	4/5
10. Eresztvény	Emszt	95	—49	0·46	0·09	20	46·5	22·5	11	0·21	0·53	0·49	4
11. Kis-Salgó	Harwood	108	—44	3·75	0·53	22	41·5	23·5	13	0·25	0·54	0·57	4
12. Kővár *a)*	Harwood	112	—34	4·72	0·55	21·5	40	27	11·5	0·29	0·55	0·68	4/5
13. Kővár *b)*	Endrédy	112	—28	3·85	0·64	22	40·5	27·5	10	0·37	0·54	0·68	5
14. Pécskő	Harwood	115	—31	2·83	0·51	22·5	41·5	24·5	11·5	0·21	0·62	0·59	4
15. Somlyó	Harwood	122	—28	3·32	0·52	23·5	39·5	24·5	12·5	0·24	0·60	0·61	4

Osann'sche Faktoren.

Fundort	Analytiker	s	a	c	f	n	Reihe	k
1. Szent György-Berg, untere Decke	Harwood	54·72	4·3	4·3	21·4	8·7	α	0·84
2. Szent György-Berg, obere Decke	Harwood	53·97	4·2	4·3	21·5	7·0	β	0·81
3. Szent György-Berg, Gang	Harwood	55·31	4·3	6·0	19·7	8·6	α	0·87
4. Tátika, Kuppe	Tomasowszky	55·81	6·0	3·7	20·3	8·5	α	0·79
5. Tótihegy	Emszt	53·28	2·9	4·8	22·3	9·1	α	0·87
6. Tátika, Basis	Tomasowszky	52·60	7·4	2·9	19·7	7·4	β	0·64
7. Mencshely	Emszt	52·43	4·7	2·5	22·8	8·5	α	0·75
8. Rekettyés	Emszt	51·25	2·6	4·5	22·9	8·8	α	0·82
9. Tihany, Diós	Tomasowszky	51·20	2·8	9·2	18·0	7·4	β	0·83
10. Eresztvény	Emszt	48·83	4·2	3·3	22·5	7·9	α	0·66
11. Kis-Salgó	Harwood	52·81	5·0	3·4	21·6	7·5	α	0·74
12. Kővár *a)*	Harwood	53·81	4·4	3·8	21·8	7·0	β	0·79
13. Kővár *b)*	Endrédy	53·63	4·0	4·5	21·5	6·3	β	0·82
14. Pécskő	Harwood	54·02	4·5	4·1	21·4	7·9	α	0·78
15. Somlyó	Harwood	55·57	4·8	4·5	20·7	7·6	α	0·84

Chemische Zusammensetzung

	1.	2.	3.	4.	5.
SiO_2	48·73	47·79	48·80	48·99	46·78
Al_2O_3	15·78	15·78	17·80	16·33	14·66
Fe_2O_3	2·89	1·74	3·72	4·27	7·25
FeO	6·47	7·24	3·99	6·19	5·22
MgO	7·09	7·67	7·07	3·96	6·81
CaO	8·93	8·50	8·55	8·90	9·61
Na_2O	4·08	3·35	3·85	5·21	3·08
K_2O	1·04	2·15	0·98	1·40	0·45
H_2O^+	1·33	1·49	1·21	3·08[1]	1·78
H_2O^-	0·45	0·82	1·07	—	—
CO_2	n. v.	0·66	n. v.	—	—
TiO_2	2·44	1·99	2·33	0·98	1·78
ZrO_2	Sp.	n. v.	Sp.	—	—
P_2O_5	0·83	0·69	0·68	—	0·45[2]
Cl	n. v.	0·04	n. v.	—	—
S	0·01	0·01	Sp.	—	—
MnO	0·16	0·16	0·13	—	—
SrO	—	0·03	0·03	—	—
BaO	0·08	0·06	0·06	—	—
Li_2O	Sp.	Sp.	Sp.	—	—
V_2O_3	0·05	0·04	0·03	—	—
Cr_2O_3	0·017	0·014	n. v.	—	—
NiO	n. v.	n. v.	n. v.	—	—
	100·37	100·22	100·30	99·31	97·87

	Fundort	Analytiker
1.	Szent György-Berg, untere Decke	HARWOOD
2.	Szent György-Berg, obere Decke	HARWOOD
3.	Szent György-Berg, Gang	HARWOOD
4.	Tátika, Kuppe	TOMASOWSZKY
5.	Tótihegy	EMSZT
6.	Tátika, Basis	TOMASOWSZKY
7.	Mencshely	EMSZT
8.	Rekettyés	EMSZT

[1] Glühverlust [2] PO_4

ungarischer Basaltgesteine.

6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.
46·34	46·18	46·14	44·71	44·66	46·78	46·28	46·39	48·59	49·34
18·37	14·26	14·74	21·05	16·04	16·08	15·17	15·50	16·06	16·31
2·81	6·93	6·45	6·54	4·37	3·20	3·49	3·71	3·23	2·63
7·24	5·72	4·72	5·74	8·12	6·87	5·73	5·70	4·99	5·23
4·22	7·23	8·81	4·69	7·70	6·46	6·03	6·09	7·24	6·42
8·63	8·24	10·57	10·50	9·90	9·49	10·44	10·60	9·69	9·17
5·94	4·75	2·87	2·24	4·28	4·34	3·47	2·79	4·03	3·95
3·13	1·32	0·61	1·19	1·75	2·21	2·20	2·44	1·64	1·84
2·32[1]	2·14	1·84	2·25[1]	2·15	0·87	1·95	2·53	1·73	2·12
—	—	—	—	—	0·46	1·17	0·74	0·68	0·70
—	—	—	—	—	n. v.	0·91	0·99	0·29	n. v.
0·78	2·27	1·77	0·92	0·29	2·16	2·61	2·13	1·60	1·79
—	—	—	—	—	0·02	n. v.	—	n. v.	n. v.
—	0·51[2]	0·71[2]	—	0·10	0·54	0·54	0·63	0·51	0·50
—	—	—	—	—	0·10	Sp.	—	0·05	Sp.
—	—	—	—	—	0·04	0·05	—	0·03	0·03
—	—	—	—	0·15	0·21	0·07	0·11	0·18	0·14
—	—	—	—	—	n. v.	n. v.	—	Sp.	Sp.
—	—	—	—	—	0·06	0·10	—	0·06	0·05
—	—	—	—	—	Sp.	n. v.	—	Sp.	Sp.
—	—	—	—	—	0·04	0·04	—	0·03	0·03
—	—	—	—	—	Sp.	0·013	—	Sp.	0·01
—	—	—	—	—	n. v.	n. v.	—	Sp.	Sp.
99·78	99·55	99·23	99·83	99·51	99·93	100·26	100·35	100·63	100·26

Fundort	Analytiker
9. Tihany, Diós	Tomasowszky
10. Eresztvény	Emszt
11. Kis-Salgó	Harwood
12. Kővár *a)*	Harwood
13. Kővár *b)*	Endrédy
14. Pécskő	Harwood
15. Somlyó	Harwood

Berechnete mineralogische Zusammen

	1.	2.	3.	4.	5.
Orthoklas $KAlSi_3O_8$	6·12	12·79	5·56	8·34	2·78
Albit $NaAlSi_3O_8$	33·01	23·58	32·49	28·30	26·20
Nephelin $NaAlSiO_4$	0·85	2·56	—	8·52	—
Anorthit $CaAlSi_2O_8$	21·68	21·68	28·63	16·96	24·74
Diopsid $CaSiO_3$	7·42	6·61	4·06	11·37	8·93
Diopsid $MgSiO_3$	5·10	4·40	3·40	6·70	7·50
Diopsid $FeSiO_3$	1·71	1·72	0·13	4·09	0·26
Hypersthen $MgSiO_3$	—	—	6·10	—	9·50
Hypersthen $FeSiO_3$	—	—	0·26	—	0·52
Olivin Mg_2SiO_4	8·82	10·36	5·74	2·24	—
Olivin Fe_2SiO_4	3·06	5·51	0·20	1·63	—
Apatit $Ca_5P_3O_{12}Cl$	2·02	1·68	1·68	—	0·70
Ilmenit $FeTiO_3$	4·71	3·80	4·41	1·82	3·34
Magnetit Fe_3O_4	4·18	2·55	5·34	6·26	10·44
Calcit $CaCO_3$	—	0·20	—	—	—
Quarz SiO_2	—	—	—	—	1·14
Sonstiges	1·94	2·50	2·40	3·08	1·78
	100·62	99·94	100·40	99·31	97·83

	Fundort	Analytiker
1.	Szent György-Berg, untere Decke	Harwood
2.	Szent György-Berg, obere Decke	Harwood
3.	Szent György-Berg, Gang	Harwood
4.	Tátika, Kuppe	Tomasowszky
5.	Tótihegy	Emszt
6.	Tátika, Basis	Tomasowszky
7.	Mencshely	Emszt
8.	Rekettyés	Emszt

setzung ungarischer Basaltgesteine.

6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.
18·35	7·78	3·89	7·23	10·56	13·34	12·79	14·46	9·45	11·12
4·72	26·72	24·10	18·86	7·34	15·72	22·01	21·48	26·72	27·25
24·71	7·38	—	—	15·62	11·36	3·98	1·14	3·98	3·41
14·18	13·62	25·58	43·65	19·18	17·79	19·46	22·52	21·13	21·03
11·95	10·32	9·86	3·60	12·18	10·90	9·74	8·47	9·05	8·82
6·00	8·50	8·30	2·50	7.30	7·10	7·20	6·00	6·60	6·30
5·68	0·53	0·26	0·79	4·22	3·04	1·58	1·72	1·58	1·72
—	—	5·50	3·00	—	—	—	—	—	—
—	—	—	0·92	—	—	—	—	—	—
3·22	6·72	5·74	4·34	8·40	6·30	5·46	6·44	7·98	6·86
3·06	0·41	0·20	1·43	5·30	2·86	1·43	1·84	2·04	2·45
—	1·01	1·34	1·82	0·34	1·34	1·34	1·34	1·34	1·34
1·52	4·26	3·34	—	0·61	4·10	5·02	4·10	3·04	3·34
4·18	9·98	9·28	9·51	6·26	4·64	5·10	5·33	4·64	3·71
—	—	—	—	—	—	2·10	2·30	0·70	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2·32	2·14	1·84	2·25	2·15	1·59	3·22	3·27	2·52	2·89
99·89	99·37	99·23	99·90	99·46	100·08	100·43	100·41	100·77	100·24

Fundort	Analytiker
9. Tihany, Diós	Tomasowszky
10. Eresztvény	Emszt
11. Kis-Salgó	Harwood
12. Kővár *a)*	Harwood
13. Kővár *b)*	Endrédy
14. Pécskő	Harwood
15. Somlyó	Harwood

PETROGRAPHISCHE UNTERSUCHUNG DER PALÄOLITHISCHEN ABSPLIESSE AUS DER HÖHLE BÜDÖSPEST.

(Mit der Tafel IV.)

Von A. VENDL, k. Mitglied der Akademie.

Vorgelegt der III. Klasse der Ung. Akademie der Wiss. in der Sitzung vom 14. April 1930.

Nachdem Otto Herman[1] die ersten paläolithischen Steingeräte von Miskolc (Komitat Borsod, Bükkgebirge) richtig erkannt hatte, begannen die systematischen Ausgrabungen der Höhlen des Bükkgebirges. Diese Erschliessungen der verschiedenen Höhlen brachten grosse Mengen von paläolithischen Funden ans Tageslicht. Ein kleiner Teil dieser Paläolithe ist auch mineralogisch-petrographisch untersucht worden. Die mineralogische Untersuchung der Paläolithe von Miskolc und teilweise auch jener der Szeletahöhle wurde durch Prof. Franz Schafarzik ausgeführt. Seine Resultate wurden von O. Herman mitgeteilt.[2] Die Steingeräte aus der Szeletahöhle wurden durch A. Vendl untersucht. Die Ergebnisse seiner Studien sind in einer Arbeit von O. Kadić veröffentlicht worden.[3]

---

[1] Herman O.: Der paläolithische Fund von Miskolc. Mitteilungen der Anthropologischen Gesellschaft in Wien, XXIII. (der neuen Folge XIII) 1893, p. 77—82.

[2] Herman O.: Das Paläolithicum des Bükkgebirges in Ungarn. Mitteilungen der Anthropologischen Gesellschaft in Wien. XXXVIII (der 3. Folge, Band VIII), 1908. Separatabdr. Budapest 1908, p. 29—31.

[3] Kadić O.: Ergebnisse der Erforschung der Szeletahöhle. Mitteilungen aus dem Jahrbuche der kgl. Ungarischen Geologischen Reichsanstalt, XXIII, p. 231—234. Budapest 1915—1916.

Die Erschliessung der Höhle *Büdöspest* (Stinkofen) wurde im Jahre 1922 durch O. Kadić in Angriff genommen. Diese Höhle liegt ebenfalls im Bükkgebirge, in der Gemarkung von Diósgyőr und zwar an der linken Seite des Forrásvölgy. In den Jahren 1925 und 1926 sind die systematischen Ausgrabungen dieser Höhle durch O. Kadić — mit der Unterstützung seiner Schüler — weiter fortgesetzt worden. In den pleistozänen Ablagerungen des Solutréens der Höhle sind zwei Kulturschichten festgestellt worden voll mit paläolithischen Abspliessen. Darunter fanden sich auch mehrere sehr gut bearbeitete Steingeräte, auch eine Loorbeerblattspitze.[1]

Für die petrographische Untersuchung wurden aus diesem reichlichen Material womöglich einfache Abspliesse ausgewählt, aber derart, das alle Materialtypen zur Untersuchung gelangten. Die Resultate der Untersuchungen sind die folgenden.

Die paläolithischen Abspliesse aus der Höhle Büdöspest bestehen aus verschiedenen Mineralien und Gesteinen, welche zu folgenden Gruppen gehören: 1. *Chalcedon,* 2. *Hornstein,* 3. *Quarzit,* 4. *Milchquarz,* 5. *Tonschiefervarietät.*

1. Chalcedone.

Der grösste Teil der Paläolithe besteht aus Chalcedon. Die Ausbildung dieses Materials ist vom mineralogisch-petrographischen Standpunkte aus sehr verschieden. Man kann die folgenden charakteristischen Typen unterscheiden:

a) *Grauer Chalcedon,* rot gebändert. Sein Bruch ist uneben bis flachmuschelig, mit matter Bruchfläche. Die Kanten der dünnen Splitter sind durchscheinend. Dieser Chalcedon besteht aus einem mikrokristallinen, körnigen Chalcedonaggregat. Die einzelnen Chalcedonkörnchen haben unregelmässige Konturen und infolgedessen greifen die einzelnen Körner buchtig ineinander.

---

[1] Kadić O.: Stand der ungarischen Höhlenforschung im Jahre 1925. Barlangkutatás (Höhlenforschung) XIV—XV, p. 78, 1926—1927, Budapest.

Kadić O.: Die Ereignisse der ungarischen Höhlenforschung im Jahre 1926 (ungarisch), «A Természet», 1929, No 23—24.

Die einzelnen Körnchen können nur zwischen gekreuzten Nicols unterschieden werden. Die Grösse der Körner misst 0·016—0·049 mm, einige erreichen auch Grössen von 0·06—0·08 mm. Die Auslöschung ist nicht einheitlich, sondern fleckig oder seltener radial, einer sphärolitischen Ausbildung zufolge.

In einzelnen grösseren Flecken und Schichten sind die Körner sehr klein (Durchmesser unter 0·015 mm).

Ein Teil der Körnchen besitzt niedrigere Lichtbrechung, als der Canadabalsam. In der Masse dieser Körnchen von niedrigerer Lichtbrechung sind Körnchen von höherer Lichtbrechung eingebettet, sehr dicht nebeneinander. Die Form dieser letzteren Körnchen ist unregelmässig, jedoch durchschnittlich isometrisch. Die Menge der stärker brechenden Körner überwiegt sehr stark.

Ab und zu kommen auch einzelne grössere Quarzkörner vor (0·2—1·0 mm), mit gleichmässigen Konturen. Nur seltener sind die Konturen dieser grösseren Quarzkörner etwas buchtig.

Die Körner sind in einer Richtung etwas länglich ausgebildet. Diese Erscheinung ist an den etwas grössere Körnern gut zu bemerken, aber bei genauerer Beobachtung ist sie auch an den kleineren sichtbar. Diese Richtung ist variabel, sie fällt entweder mit α' oder mit γ' zusammen. Die Längsrichtungen der erwähnten sehr feinkörnigen Schichten und Flecken sind im grossen und ganzen ebenfalls zu dieser Richtung parallel. Durch diesen Umstand wird eine gewisse Schichtung des Chalcedons bedingt.

Vereinzelt treten auch einige kleine isometrische *Pyritkörnchen* auf, deren Grösse meistens zwischen 0·015 und 0·03 mm variiert. Einzelne Pyritkörner sind teilweise in *Limonit* umgewandelt worden. Die Anwesenheit von Pyrit lässt eventuell den Schluss ziehen, dass diejenige warmen Quellen, aus welchen der Chalcedon zum Absatz kam, auch gelöste Sulphide führten.

In einzelnen Bändern oder Flecken — die meistens ebenfalls in Lagen geordnet sind, welche parallel zur Längsrichtung der Körnchen verlaufen — sind rötlichbraune *Limonitkörnchen* und rote *Hämatitschüppchen* vorhanden. Diese Pigmentkörnchen sind ziemlich dicht nebeneinander gelagert. In der Mitte dieser Körnchen lässt sich seltener auch der noch nicht umgewandelte

Pyrit beobachten. Diese rötlichbraunen und roten Schichten und Flecken bedingen die roten Schichten und Lagen im Chalcedon.

Winzig kleine graulichbraune Pigmentkörnchen sind sehr verbreitet und dieselben verursachen die graue Färbung des Chalcedons.

Stellenweise sind die alten Haarrisse des Chalcedons durch bräunlichgelben *Limonit* ausgefüllt. Mancherorts sind die einstigen, etwas dickeren Risse von unregelmässigem Verlauf durch *Quarz* ausgefüllt. Der letztere besteht aus kleinen Körnern. Daraus geht klar hervor, dass der Chalcedon auch nachträglich den Einwirkungen von Kieselsäure-führenden wässerigen Lösungen ausgesetzt war.

Sehr selten findet man auch stark licht- und doppelbrechende, farblose Körnchen von prismatischem Habitus, jedoch an den beiden terminalen Enden etwas abgerundet. Diese dürften kleine Zirkonkriställchen sein.

b) *Lichtgrauer Chalcedon* mit in einer Richtung etwas gestreckten *weissen Flecken*, deren Mächtigkeit bis 2—3 mm steigt, bei einer Länge von etwa 0·3—1·0 cm. Etwas seltener kommen auch *gelblichbraune* und *rote Flecken* — von denselben Dimensionen und von unregelmässigen Konturen — vor. Bruch muscheliguneben, stellenweise in gewissem Grade splitterig. Die Ränder von dünnen Splittern sind durchscheinend.

Der Chalcedon besteht aus einem Aggregat sehr kleiner Körnchen von 0·016—0·013 mm Durchmesser. Die Form der Körnchen ist unregelmässig, aber in einer Richtung etwas länglich. In einzelnen Bändern und Schichten sind die Körnchen etwas kleiner. Der Verlauf dieser Bänder und Schichten ist im allgemeinen ziemlich parallel zur Längsrichtung der Körnchen. Die Bänder sind im allgemeinen kurz; infolgedessen treten kurze Bänder und Flecken — aufgebaut aus kleineren und grösseren Körnern — abwechselnd auf.

Auch in diesem Chalcedon sind die Körnchen auf Grund ihrer Lichtbrechung in zwei Gruppen zu trennen. Ein Teil der Körnchen zeigt schwächere Lichtbrechung als der Canadabalsam. In der Masse dieser gleichmässig wasserklar durchsichtigen Körner liegen — in dünnen Bändern parallel zur Schichtung — eben-

falls farblose Körnchen von stärkerer Lichtbrechung. Die Gestalt derselben ist unregelmässig, jedoch durchschnittlich fast isometrisch, beziehungsweise in einer Richtung etwas länglich ausgebildet. Diese Körnchen von stärkerer Lichtbrechung sind oft in grösseren Mengen in einzelnen Gruppen angehäuft, durch eine minimale Zwischenklemmasse der schwächer brechenden Körnchen von einander getrennt. Diese Gruppen erreichen ab und zu Dimensionen bis 0·4—0·6 mm Durchmesser.

Zwischen den überwiegend aus stärker brechenden Körnchen aufgebauten Bändern kommen also die Aggregate der schwächer brechenden Körnchen vor, ebenfalls in schmalen Schichten.

Die Menge des schwächer brechenden Materials ist hier überwiegend. Die Körnchen von stärkerer Lichtbrechung sind hier etwas untergeordnet.

Dieser Unterschied in der Lichtbrechung lässt sich einfach erklären, wenn wir den Chalcedon als eine Quarzvarietät auffassen,[1] die mehr oder weniger Opal führt. Im äussersten Falle fehlt die Opalsubstanz vollständig. Die Körnchen von niedriger Lichtbrechung führen mehr Opalsubstanz, als die Körner von stärkerer Lichtbrechung. Die letzteren können eventuell die Opalsubstanz ganz entbehren.

Die sehr wasserarmen Opale besitzen im allgemeinen eine stärkere Lichtbrechung, als die wasserreicheren Varietäten. Die schwächer brechenden Chalcedonkörnchen müssen daher auch bedeutend mehr Wasser führen, als die stärker brechenden.

Diese Differenzen in der Lichtbrechung der Körnchen charakterisieren alle Chalcedone aus der Höhle Büdöspest. Der Unterschied der einzelnen Chalcedonvarietäten in dieser Beziehung besteht nur darin, dass die übrigen untersuchten Chalcedone bedeutend geringere Mengen der schwächer brechenden Körnchen enthalten, als diese Varietät. Die unterschiede treten daher in diesem Chalcedon am stärksten zum Vorschein.

Die Auslöschung der Körnchen geschieht fleckenweise, seltener radial. Sehr selten lassen sich auch einzelne *grössere*

---

[1] Wetzel W.: Untersuchungen über das Verhältnis von Chalcedon und Quarzin zu Quarz. Centralblatt für Mineralogie. 1913, p. 356—360.

Quarzkörner beobachten, deren Durchmesser manchmal bis 0·08 mm steigt. Die Auslöschung dieser Quarzkörner ist nicht einheitlich, sondern undulös.

Stellenweise, in einzelnen Lagen — parallel zur allgemeinen Schichtung — ist das feinkörnige Aggregat trübe und minder durchsichtig. Diese dürften wahrscheinlich opalreichere Stellen sein. In einzelnen kleinen länglichen Flecken — deren Längsrichtung ungefähr parallel zur allgemeinen Schichtung verläuft — kommen Haufen von bräunlichgelben *Limonitkörnchen* vor. Diese bedingen die megaskopisch sehr auffallenden gelblichbraunen Flecken.

An einzelnen Stellen beobachtet man blutrote *Hämatitschüppchen* in schmalen, 0·8—1·0 mm langen Lagen gruppiert. Die Orientierung dieser Lagen ist sehr verschieden, ihre Längsrichtung kreuzt oft die allgemeine Schichtung, manchmahl steht sie senkrecht zu derselben. Die Hämatitschüppchen liegen in diesen Lagen ziemlich dicht nebeneinander, zwischen den kleinen Körnchen des Aggregates. Die Hämatitschüppchen verursachen die schon für die freien Augen auffallenden roten Flecken.

In einzelnen kleinen isolierten Körnern von 0·008—0·009 mm Durchmesser kommt auch *Pyrit* vor. Nicht selten werden auch Gruppen von Pyritkörnern beobachtet, wo die kleinen Pyritindividuen ziemlich dicht nebeneinander liegen. Diese Gruppen bilden 0·07—0·10 mm dicke Streifen, die ungefähr parallel zur allgemeinen Schichtung verlaufen. Oft sind die Pyritkörner in dieser Richtung mehr oder weniger ausgezogen, ab und zu gebogen, manchmal buschig. Diese gestreckten Pyrite erreichen oft Längen von 0·18—0·25 mm. Einzelne Pyrite sind teilweise limonitisiert.

Ab und zu sind Schnitte eines sehr dünnen, faserigen, bräunlichgelben oder sehr blass grünlichgelben (je nach der Dicke der Schnitte) in Büscheln gruppierten Minerals zu beobachten. Dieselben sind schwach pleochroitisch: parallel zur Längsrichtung sind sie bräunlichgelb, oder sehr licht grünlichgelb, senkrecht zu dieser Richtung sind sie fast vollkommen farblos. Sie sind stärker lichtbrechend, als der Chalcedon, ihre Doppelbrechung ist stark; die Auslöschung zur Faserrichtung ist gerade. Diese

sind sehr wahrscheinlich faserig ausgebildete, stark umkristallisierte Limonitvarietäten.

Als sehr seltener Gemengteil ist der *Zirkon* zu bezeichnen. Ich habe bloss ein einziges farbloses, oder vielleicht etwas schwach gelbliches Exemplar beobachtet. Der winzige Kristall hatte einen prismatischen Habitus, an einem Ende mit bypiramidaler Ausbildung; das andere Ende war abgerundet.

c) *Chalcedon,* ziemlich ähnlich dem vorigen, jedoch *ohne grösseren roten und braunen Flecken.* (1. Figur der Tafel.) Unter dem Mikroskope lassen sich jedoch auch hier sehr kleine Limonittupfen beobachten.

Der Unterschied von dem letzten Chalcedon besteht wesentlich lediglich in den folgenden: Die meisten Körnchen zeigen stärkere Lichtbrechung, als der Canadabalsam. Im körnigen Chalcedonaggregate liegen stellenweise, mit schwacher Vergrösserung scheinbar opake, äusserst kleine Körner, manchmal in einzelnen schwach wellig verlaufenden Schichten. Mit starker Vergrösserung erscheinen diese Körnchen durchaus nicht opak, sondern sind gelblichgrau, ziemlich isometrisch, oder etwas länglich; sie scheinen manchmal aus mehreren Kügelchen zusammengesetzt zu sein. Selbst diese grösseren Gruppen sind höchstens nur 0·016 mm gross. Vereinzelt treten diese Gruppen in einzelnen Flecken ziemlich dicht auf. Auch diese bestehen aus Chalcedon (wahrscheinlich mit mehr Opal) und bedingen die gelblichgraue Farbe des Chalcedons.

d) *Gelblichgrauer Chalcedon,* in einzelnen Lagen und Flecken etwas stärker gelb gefärbt, in anderen Lagen blutrot. Entsprechend dem Verlauf der Lagen zeigt sich eine schwache Schichtung. Risse nach der Schichtung sind vorhanden. Der Bruch ist uneben bis schwach muschelig, die Bruchfläche ist ziemlich matt. Die Verwitterungkruste ist weiss, oder gelblichweiss und erdig, über den roten Flecken ist sie lichtrot. Der Chalcedon gibt beim Schlagen sehr scharfe Splitter ab.

U. d. M. zeigt sich ein feinkörniges Aggregat von Chalcedon; die Körnchen haben durchschnittliche Dimensionen von 0·008 mm; selten sind sie etwas grösser. Der überwiegende Teil der Körnchen zeigt stärkeres Brechungsvermögen, als der Canada-

balsam. Zwischen diesen Körnchen sind verhältnismässig wenige Körnchen — von schwächerer Lichtbrechung, als der Canadabalsam — vorhanden, als eine minimale grundmassenartige Zwischenklemmasse. Die Konturen der Körnchen haben unregelmässige Formen; sie sind manchmal buchtig. Auch einige etwas grössere (Durchmesser 0·03—0·08 mm) Quarzkörner von unregelmässigen, lappigen Konturen sind in dem gleichmässig feinkörnigen Aggregate zu beobachten. Die Auslöschung derselben geht teils einheitlich, teils undulös vor sich. Ab und zu findet man auch längliche, durch parallele Konturen ziemlich scharf begrenzte Quarzkörnchen (0·02 mm lang), die Längsrichtung derselben entspricht oft γ', und diese Richtung ist parallel zur Schichtung.

In dem beschriebenen Aggregate treten in einzelnen Gruppen rote *Hämatitschüppchen* und bräunlichrote *Limonitkörnchen* auf in verschiedenen Mengen. Diese Gruppen sind in einzelnen Lagen geordnet, welche sowohl gegenseitig, als auch zur allgemeinen schwachen Schichtung ziemlich parallel verlaufen. (2. Figur der Tafel.) Wo Hämatit und Limonit stärker angehäuft sind, dort hat der Chalcedon rote Farbtöne; wo sie nur in geringeren Mengen vorhanden sind, dort beobachtet man eine gelbe Farbe. Selbst die Hämatitschüppchen und Limonitkörnchen zeigen oft längliche Formen entsprechend der Schichtung; seltener sind sie mehr oder weniger isometrisch. Einige Haarrisse verlaufen parallel zur Schichtung; diese sind durch Hämatit und Limonit ausgefüllt. Sehr selten erreichen einzelne Limonitkörnchen Grössen bis 0·1 mm.

In minimaler Menge kommt auch ein schwarzes Pigment in äusserst kleinen Körnchen vor.

In einem Schliff wurde auch ein sehr kleines farbloses, prismatisches stark licht- und doppelbrechendes Körnchen beobachtet, von optisch positivem Charakter, stark ähnlich dem *Zirkon*.

e) *Fast vollständig weisser Chalcedon,* also viel lichter als die vorigen Varietäten, vereinzelt mit etwas gelblichen Flecken, die durchschnittlich mit einer Breite von cca 1 mm, Längen bis 1—1·5 cm erreichen. Der Chalcedon ist an einzelnen Stellen

etwas stärker — bräunlichgrau — gefärbt. Die Verwitterungskruste ist milchweiss, erdig, mürb, sehr leicht zerreiblich.

Dieser Chalcedon besteht aus einem ziemlich groben Aggregat. Die Körnchen sind von unregelmässiger Gestalt, in einer Richtung etwas länglich; nämlich bei einer durchschnittlichen Dicke von 0·01—0·02 mm sind sie 0·05—0·08 mm lang. Die Auslöschung ist schwach radial, seltener fleckig. In einzelnen kleinen Flecken sind die Körnchen viel kleiner, etwa 0·001—0·0016 mm lang.

Der grösste Teil der Körnchen besitzt stärkeres Brechungsvermögen, als der Canadabalsam. Zwischen denselben kommen nur kleine Mengen schwächer lichtbrechenden Körnchen vor.

Die meisten Körnchen sind in derselben Richtung länglich und diese Richtung fällt mehr oder minder mit der Längsrichtung der aus kleineren Körnchen aufgebauten Flecken zusammen. Dadurch ist die schwache Schichtung entstanden. Ein kleiner Teil der grösseren Körnchen ist in einer anderen Richtung etwas gestreckt, die beinahe senkrecht zur vorigen Richtung verläuft. Wo derartig geordnete Körnchen in etwas grösseren Mengen vorkommen, dort ist das Bild zwischen gekreuzten Nicols einer Gitterstruktur nicht unähnlich. (3. Figur der Tafel.)

Beinahe in allen Schichten sind kleine, frische *Pyritkörnchen* zu beobachten. Vereinzelt kommen auch einige *Limonittupfen* vor. Dieselben liegen aber ziemlich weit voneinander, manchmal in einer Entfernung von ungefähr 1 cm und sie bedingen stellenweise die etwas stärkere, gelbliche, oder bräunlichgraue Farbe.

2. Hornsteine.

a) *Dichter graulichschwarzer Hornstein;* seine Farbe erinnert an Lydit. Diese dunkle Masse enthält heller gefärbte, graulichweisse Äderchen. Dünne Splitter sind weisslichgrau und durchscheinend. Der Bruch ist muschelig bis uneben. Durch Erhitzen bis Rotglut bleibt die Farbe dunkel.

Der Hornstein ist ein *Feinquarzgemenge,* auf das der Varietäten-Name Chalcedon teilweise angewendet werden kann. Die Quarzkörner sind durchschnittlich 0·02 mm gross, es gibt jedoch

auch sehr kleine und auch ziemlich grosse Körnchen (0·04—0·06 mm). Die Körnchen schliessen sich dicht an, durch unregelmässige, oft buchtige Konturen. Die kleinen Körnchen löschen fleckig aus. Ihr Brechungsvermögen ist stärker, als das des Canadabalsams. In der Masse der kleinen Körnchen — wie in einer Grundmasse — sind farblose bis gelbliche *Kalzitkriställchen* eingebettet in ziemlich grosser Anzahl. Diese Kriställchen haben Dimensionen von 0·04—0·06 mm im Durchschnitt; einige sind viel kleiner (0·03 mm), andere dagegen viel grösser bis 0·2 mm.

Die Kalzitkörner sind meistens idiomorf, rhomboedrisch ausgebildet und die Schnitte derselben sind daher meistens Rhomben. Oft sind die Kalzitindividuen teilweise in *Limonit* pseudomorphosiert, manchmal findet man vollständig ausgebildete *Limonitpseudomorphosen* nach einstigen Kalzitkristallen.

Die Hauptmasse des Gesteins wird von dünnen *Chalcedonschichten durchgeadert,* die an einzelnen Stellen ziemlich dicht vorkommen. Diese Chalcedonschichten erreichen öfters auch 1—2 mm Mächtigkeit; sie verzweigen manchmal, seltener bilden sie an einzelnen Stellen dickere (1·8 mm) kleine Knollen.

Die randlichen Teile dieser Chalcedonschichten sind sehr dicht, sie erscheinen fast vollständig homogen; zwischen gekreuzten Nicols sieht man nur ein spärliches Aufhellen der äusserst kleinen Körnchen.

Der mittlere Teil der Chalcedonschichten besteht vorwiegend aus *faserigem, sphärolitischem Chalcedon.* Die Fasern sind in grösseren kugeligen Gebilden gruppiert und sie konvergieren in einer Richtung. Die Längen der Fasern schwanken vorwiegend zwischen 0·05—0·08 mm. Mehrere faserige Chalcedonkugeln sind oft derart ausgebildet, dass die konvergierenden Enden der Fasern einen Bogen bilden. Die konkave Seite desselben liegt gegen die Mitte des Chalcedonbandes (im Schnitt). Die Chalcedonfasern zeigen zwischen gekreuzten Nicols die charakteristische Oscillation der Polarisationsfarben anstatt der einheitlichen Auslöschung: die Auslöschung ist radial.

Die randlichen dichten Partien der Chalcedonschichten hellen nur in graulichen Farben zwischen gekreuzten Nicols auf. Die Chalcedonfasern zeigen dagegen eine stärkere Aufhellung. Es

scheint sehr wahrscheinlich zu sein, dass die dichten Teile mehr Opal führen.[1]

Die Chalcedonschichten enthalten ziemlich viele grosse *Kalzitkristalle*; der grösste darunter hat einen Durchmesser von 0·9 mm. Die Kalzit-Individuen sind teilweise in scharf idiomorphen Rhomboedern ausgebildet, teilweise mehr oder weniger xenomorph mit unregelmässigen Konturen. Die grösseren Kristalle sind meistens polisynthetische Zwillinge nach $-\frac{1}{2}$ R. Besonders die kleineren Kalzite sind auch hier teilweise oder vollständig durch Limonitpseudomorphosen ersetzt. (4. Figur der Tafel.)

In den dichten Partien der Chalcedonschichten lassen sich äusserst kleine, fast isometrisch oder etwas länglich ausgebildete, farblose, in Salzsäure lösliche Körnchen von sehr starker Doppelbrechung beobachten. Auch diese dürften Kalzitkriställchen sein.

Die Chalcedonschichten sind im allgemeinen vollkommen klar durchsichtig, ohne irgendwelche Trübe. An einzelnen Stellen sind aber winzig kleine opake, schwarze *Pigmentkörnchen* vorhanden in unregelmässiger Verteilung oder in Reihen parallel zu den Rändern der Chalcedonschichten. Vereinzelt sind auch in der faserigen Chalcedonmasse ähnliche Pigmentkörnchen zu beobachten, manchmal ziemlich dicht nebeneinander etwas grössere Knötchen bildend.

Der grösste Teil des Feinquarzgemenges zeigt eine feinkugelige Struktur. Diese Struktur lässt sich am besten ohne Kondensor oder mit stark gesenktem Kondensor feststellen. Die Kügelchen sind durchschnittlich 0·08 mm gross. Ihre Formen erinnern an Radiolarien. Ob diese wirklich organischen Ursprungs sind oder aber im Sinne der Auffassung von *Tarr* anorganisch sind, lässt sich nicht ganz bestimmt entscheiden.[2]

---

[1] Vergl. Wetzel W.: Untersuchungen über das Verhältnis von Chalcedon und Quarzin zu Quarz. Centralblatt für Mineralogie 1913, p. 356—366.

Washburn E. W.—Navia L: The products of the calcination of flint and chalcedony. Journ. Amer. Ceramic. Soc. 1922. V.

[2] Twenhofel W. H.: Treatise on sedimentation. Baltimore, 1926. p. 389—391.

In diesem feinkörnigen Quarzgemenge kommt ziemlich viel schwarzes *Pigmentmaterial* vor in xenomorphen oder etwas länglichen stabförmigen winzigen Körnchen. Diese Pigmentkörnchen enthalten manchmal äusserst kleine rundliche, oder vieleckige Hohlräume. Diese dürften vielleicht Teile der zentralen Kapseln von Radiolarien sein, die aber nachträglich durch Einwirkung kieselsäurehaltiger Lösungen sehr stark umgewandelt wurden. An einzelnen Stellen sind die Pigmentkörnchen in kleinen Häufchen und Bändern etwas mehr konzentriert.

Die Pigmentkörnchen im dichten Chalcedon treten stellenweise in schmalen Streifen sehr dicht nebeneinander auf. Der Verlauf dieser Streifen bildet ziemlich gerade Linien, die aber mehr oder weniger gezahnt sind. Diese Ausbildung macht den Eindruck, wie wenn das Gestein längs einer Ebene mit gezahnter Oberfläche gesprungen gewesen wäre und die dadurch entstandenen zwei Teile nachträglich durch pigmentführenden dichten Chalcedon verkittet wären.

Vereinzelt kommen auch in der Masse des feinkörnigen Quarzgemenges kleine, den dichten Teilen der Chalcedonschichten ähnliche dichtere Haufen vor.

b) *Dunkelgrauer Hornstein,* von unebenem bis schwach muscheligem Bruch. Die Bruchfläche ist matt. Auch dieser Hornstein besteht wesentlich aus einem feinkörnigen *Quarzgemenge* mit vielen *Kalzitindividuen.* Die Kalzitkriställchen sind oft scharf idiomorph vom rhomboedrischen Habitus, seltener xenomorph mit unregelmässiger Begrenzung. Sie sind ziemlich gleichmässig verteilt zwischen den Quarzkörnchen.

Das feinkörnige Quarzgemenge besitzt teilweise kleinkugelige Struktur. In einzelnen grösseren Teilen fehlt aber diese Struktur vollständig. Alle Körnchen sind stärker lichtbrechend als der Canadabalsam. In kleiner Menge kommen auch etwas grössere Quarzindividuen (bis 0·05 mm Durchmesser) eingesprengt in der feinkörnigen Masse vor.

Limonit tritt in gelblichbraunen und bräunlichroten Körnern auf, teilweise einzeln, teilweise an einigen Stellen dicht nebeneinander in kleinen Gruppen. Es gibt auch ausgedehnte Partien, wo sie vollständig fehlen. Der Limonit ist durch Oxi-

dation aus einstigen Pyritindividuen entstanden. Sehr selten sind auch unveränderte *Pyritkörnchen* zu beobachten.

Einige alte Risse von sehr verschiedenem Verlauf sind von *Limonit* ausgefüllt worden. Die Mächtigkeit dieser Ausfüllungen kann bis 0·3—0·5 mm steigen. In unregelmässig geformten, äusserst kleinen Körnchen kommt spärlich auch ein opakes, schwarzes Pigment vor.

c) *Graulichschwarzer Hornstein* mit unebenem Bruch und matter Bruchfläche. Vereinzelt kann man schon mit schwacher Vergrösserung (Lupe) kleine *Pyritkörnchen* und bräunlichrote *Limonitflecken* beobachten.

Der Hornstein besteht vorwiegend aus einem feinkörnigen Quarzgemenge, welches auch einige Quarzadern von sehr unregelmässigem Verlauf enthält. Die Mächtigkeit derselben steigt bis 0·05—0·07 mm. Die Quarzkörnchen sind klein (0·016—0·05 mm).

Das feinkörnige Aggregat scheint auch hier aus 0·05—0·08 mm grossen Kügelchen zusammengesetzt zu sein (besonders ohne Kondensor gut sichtbar!). Die Konturen der Schnitte der Kügelchen zeigen oft kleine Einbuchtungen. Diese Struktur stammt eventuell aus einstigen Organismen.

Die Pyritindividuen sind meistens isometrisch. Die Limonitkörnchen haben dagegen überwiegend unregelmässige Formen, manchmal zeigen sie quadratische Schnitte, wohl ein Zeichen der Bildung aus Pyrit. Der Limonit bildet oft bräunlichgelbe, dünne Adern von sehr verschiedenem Verlauf.

Schwarze, opake, isometrische oder unregelmässig geformte, äusserst kleine *Pigmentkörnchen* kommen verstreut vor; manchmal bilden sie etwas grössere Knötchen.

Stellenweise sind einige fast farblose oder gelbe, sehr dünne Fasern zu beobachten von ziemlich starker Lichtbrechung und gerader Auslöschung. Eine vollständige Identifizierung derselben ist äusserst schwer. Sie erinnern noch am besten auf faserig ausgebildete, stärker umkristallisierte Limonite.

Der Hornstein hat in der Steinindustrie der Höhle eine weit geringere Rolle gespielt, als der Chalcedon.

3. Quarzite.

Die unter diesem Namen zusammengefassten Gesteine sind wesentlich etwas gepresste, derbe Quarzvarietäten vor verschiedener Struktur.

a) *Graulichweisser Quarzit* von unebenem Bruch. Man kann auch mit unbewaffneten Augen einige grössere Quarzindividuen beobachten. Auf frischen Bruchflächen sind manchmal bräunlichgelbe, kleine *Limonittupfen* vorhanden.

Die Quarzkörner sind xenomorph und lassen sich nach der Grösse in zwei Gruppen einteilen: 1. Kleine Quarzkörner von durchschnittlich 0·06—016 mm Durchmesser; sie haben buchtige, verzahnte Konturen und durch diese sind sie in einer *verzahnten Struktur* miteinander verwachsen. 2. In der Masse dieser kleinen Quarzkörnchen liegen, porphyrischen Einsprenglingen ähnlich, grössere Quarzindividuen eingebettet, welche meistens 0·8—3·3 mm, seltener 10 mm messen. (5. Figur der Tafel.) Auch diese Quarze haben verzahnte und buchtige Konturen; in diesen Vertiefungen sitzen einige der kleinen Körnchen der ersten Gruppe.

Die grossen Quarzindividuen sind meistens in einer Richtung etwas gestreckt, sie sind etwas *gepresst* worden. Auch die undulös-fleckige Auslöschung geht nämlich in Streifen vor sich ungefähr parallel zur Längsrichtung des Quarzes im Schnitt. Die in verschiedenen Schliffen beobachtete Längsrichtung der Quarze fällt im allgemeinen nicht mit der Hauptachse des Minerals zusammen, sie steht auch nicht senkrecht dazu.

In den Quarzindividuen sind die bekannten punktähnlichen Einschlüsse ziemlich verbreitet, oft in einzelnen Reihen und kleinen Gruppen. Sie besitzen kleineres Brechungsvermögen als der Canadabalsam.

Ein Teil der Einschlüsse besteht aus *Limonitpigment* in äusserst kleinen Körnchen. Als seltener Einschluss im Quarz kommt auch *Biotit* vor. Der *Magnetit* ist ein ziemlich stark verbreiteter Einschluss in isometrischen, stabförmigen oder unregelmässig geformten kleinen Individuen. Die sehr kleinen Körnchen desselben Minerals sind hie und da in kleine Knötchen gruppiert,

deren Grösse in einem Falle auch Dimensionen von 0·083 mm Länge und 0·03 mm Dicke erreichte.

Seltener sind auch äusserst kleine farblose sehr stark doppelbrechende Körnchen als Einschlüsse vorhanden.

Sehr dünne Sprünge im Quarzit sind durch bräunlichgelben *Limonit* ausgefüllt.

b) *Graulichweisser Quarzit,* mit fettig glänzendem Bruch. Mit unbevaffneten Augen sind keine grosse Quarzindividuen zu sehen.

Der Quarzit zeigt in der Struktur eine wesentliche Abweichung von dem obigen. Dieser Quarzit besteht aus *grossen Quarzkörnern,* deren Durchmesser bis 4 mm steigt. Diese sind entweder unmittelbar miteinander verwachsen, durch Einbuchtungen und verschieden verzahnte Konturen (verzahnte Struktur) oder durch die Vermittelung von kleineren Körnchen von Dimensionen von überwiegend 0·08—0·2 mm. Auch diese kleinen Körnchen sind in verzahnter Struktur verwachsen.

In diesem Quarzit fehlt daher die grundmassenartige Masse von kleinen Körnchen. Nur an einzelnen Stellen sind die grossen Quarzindividuen durch kleinkörnige Zwischenmasse verbunden.

Spuren einer Pressung lassen sich auch hier beobachten. Die grossen Quarzindividuen sind etwas abgeplattet, im Querschnitt in einer Richtung gestreckt und sie löschen *undulösfleckig* aus. Die einzelnen Flecken der Auslöschung sind länglich, ungefähr in der Richtung der Streckung.

Magnetit kommt als ziemlich häufiger Gemengteil hauptsächlich in den Quarzen vor. Die Körner desselben sind sehr klein, isometrisch oder von unregelmässiger Form. An einzelnen Stellen bilden mehrere Magnetitkörnchen, ziemlich dicht nebeneinander gruppiert, kleine Gruppen, deren Durchmesser manchmal 0·09 mm erreichen. Die Oberfläche der Magnetitkörnchen ist meistens etwas limonitisiert.

Die Quarzindividuen enthalten *sehr viele* winzig kleine Einschlüsse, auch in Reihen geordnet. Darunter sind Flüssigkeiteinschlüsse *mit beweglichen Libellen* sehr häufig. Die Lichtbrechung der Einschlüsse ist durchaus kleiner, als die des

Canadabalsams. (Quarzit *a)* enthält nicht so viele Einschlüsse und bewegliche Libellen scheinen ganz zu fehlen.)

Quarzite sind durch den pleistozänen Menschen in mässiger Menge verarbeitet worden in dieser Höhle.

4. Milchquarze.

Diese lassen sich in einem Typus zusammenfassen: Alle sind milchweisse, derbe Milchquarze von unebenem Bruch. Die Bruchflächen sind fettglänzend.

Sie bestehen aus verschieden grossen Quarzindividuen. Die Durchmesser derselben wechseln meistens zwischen 0·033 und 1·5 mm. Die Körner sind xenomorph, mit buchtigen, verzahnten Konturen und durch dieselben sind sie miteinander verwachsen (verzahnte Struktur). Vereinzelt schliessen die grösseren Quarzkörner kleinere Quarze ein. Einzelne schmale (0·05—0·066 mm) Risse sind durch Quarzadern ausgefüllt, welche aus durchschnittlich 0·03 mm grossen Quarzkörnchen bestehen.

Die Quarzindividuen löschen ziemlich einheitlich aus. Sie sind manchmal von unregelmässig verlaufenden Sprüngen durchquert. Stellenweise kann man schon bei schwacher Vergrösserung sehr dünne *Bänderung* beobachten. (6. Figur der Tafel.) Dieselbe wird durch *äusserst kleine* Einschlüsse (Gas, Flüssigkeit) bedingt, die in parallelen Reihen auftreten. Diese Reihen setzen sich durch mehrere Quarzindividuen in derselben Richtung fort. Diese Einschlüsse sind entweder punktförmig oder von unregelmässiger Gestalt; sie sind bedeutend schwächer lichtbrechend als der Quarz. Die milchweisse Farbe wird höchstwahrscheinlich durch dieselben herbeigeführt.

In sehr kleiner Menge tritt hie und da auch *Limonit* auf in 0·03—0·07 mm grossen Körnchen.

Aus der Höhle sind mehrere Splitter und einige bis faustgrosse Stücke von Milchquarz ans Tageslicht gebracht worden.

5. Tonschiefervarietäten.

Diese Gesteine sind in dem grossen paläolithischen Material der Höhle nur durch einige Stücke vertreten, welche eigentlich

einem petrographischen Typus angehören. Alle sind schwarze, dichte Gesteine von unebenem, manchmal von etwas schwach muscheligem Bruch. Die Bruchfläche ist rauh und matt. Die Verwitterungskruste ist gelb oder graulichgelb. Eine stärkere Schichtung scheint nicht vorhanden zu sein.

Dünne Splitter beginnen anfangs zu zerknistern in der Flamme einer Bunsenlampe; später hört das Zerknistern auf und nach kurzem Glühen wird die Farbe lichtbraun.

Diese Gesteine bestehen überwiegend aus sehr kleinen *Quarzkörnchen,* deren Durchmesser gewöhnlich unter 0·016 mm bleiben; nur vereinzelt findet man grössere Individuen (bis 0·02 mm). Daneben sind kleine Schüppchen von *Muskovit* sehr oft zu beobachten.

Zwischen den Quarzindividuen kommt sehr viel *Limonit* vor in kleinen Körnchen. Die Limonitkörnchen sind sehr klein, die grössten sind von 0·026 mm Durchmesser; sie sind meistens isometrisch und führen auch tonige Substanzen. Diese braunen Pigmentkörnchen von Limonit sind stellenweise in einzelnen Gruppen und dünnen Bändern stärker konzentriert. Unter den Limonitkörnchen sind auch Blättchen von *Hämatit* zu beobachten.

Neben dem Limonitpigment kommen auck *kohlige Pigmentkörnchen* vor in länglichen oder isometrischen, seltener unregelmässig gestalteten Formen. Sie sind ziemlich gleichmässig verteilt, aber in beteutend kleinerer Menge, als die vorigen. Die beiden Pigmentsubstanzen bedingen die dunkle Farbe dieser Gesteine. In einzelnen dünnen (0·017—0·05 mm) Lagen ist die Menge der Pigmentsubstanzen bedeutend weniger. Und allein dieser Umstand deutet auf eine *sehr schwache Schichtung* hin.

Einstige Sprünge sind durch Limonit ausgefüllt von durchschnittlich 0·016 mm mächtigen Schnüren. An einzelnen Stellen sind diese Schnüre zu etwas dickeren Knoten (bis 0·085 mm angeschwollen).

In den einzelnen Gesteinen ist die Menge der limonitischen und kohligen Pigmentsubstanzen sehr verschieden und eigentlich nur darin bestehen Unterschiede.

Sehr selten sind auch sehr kleine farblose *Zirkone* und etwas gebleichte *Biotitschüppchen* zu beobachten.

Durch verdünnte Salzsäure wird aus diesen Gesteinen Eisen (Limonit) herausgelöst, besonders beim Erwärmen. Dadurch werden auch grössere (1 cm^3) Stückchen derart gelockert, dass sie sich zwischen den Fingern sehr leicht zu einem feinen Pulver zerdrücken lassen. Die nach der Behandlung mit Salzsäure zurückgebliebene Masse hat eine lichtgraue Farbe.

Diese Gesteine zeigen entweder gar keine Schichtung oder eine schwache Schichtung kommt bloss durch die oben erwähnte Verteilung der Pigmente zum Ausdruck. In dieser Beziehung besteht eine starke Abweichung von den typischen Tonschiefern. Auf Grund der mineralogischen Zusammensetzung und infolge der Textur sind sie in die Gruppe der nicht oder nur wenig geschichteten Tonschiefervarietäten unterzubrigen. Sie sind auch manchen Wetzschiefern nicht ganz unähnlich.

Diese Gesteine sind ihrer grossen Mengen an limonitischen und kohligen Pigmentsubstanzen zufolge ziemlich weich: sie lassen sich mit einer Messerklinge kratzen. Trotzdem wurden sie zur Herstellung mancher Geräte verwendet.

Zusammenfassung.

Der weitgrösste Teil der paläolithischen Abspliesse aus der Höhle Büdöspest besteht aus verschiedenen *Chalcedonvarietäten*. Dieses, zur Anfertigung von Geräten sehr geeignete Material kommt in den Tuffen der sarmatischen Stufe am Avasberge neben Miskolc reichlich vor.[1] Mineralogisch-petrographisch sind diese verschiedenen Chalcedone durch eine *sehr feinkörnige Aggregatstruktur* und *schwache Schichtung*, ferner durch *die Anwesenheit von Pyrit* charakterisiert. Aus dem letzteren ist oft *Limonit*, eventuell *Hämatit* entstanden und dadurch wurden einzelne Chalcedone teilweise gelblich, bräunlich, oder rötlich gefärbt.

Die *Hornsteine* spielten etwas geringere Rolle in der Steinindustrie der Höhle. Sie stammten sehr wahrscheinlich aus Bach-

[1] Papp K.: Die geologischen Verhältnisse der Umgebung von Miskolc. Mitteilungen aus dem Jahrb. der Kgl. Ungarischen Geologischen Reichsanstalt XVI, p. 95—141, Budapest 1907—1908.

geröllen. Die ursprünglichen Lagerstätten der Hornsteine sind vorwiegend die Gesteine des Carbons im Bükkgebirge.[2] Aus diesen Gesteinen stammen wahrscheinlich auch die Hornsteine im mediterranen Schotter, welche vielleicht ebenfalls verarbeitet wurden. Sie bestehen aus einem *Feinquarzgemenge*, die meisten enthalten auch *faserigen Chalcedon*. Auch das Vorkommen von scharfen Kalzitkristallen ist sehr charakteristisch.

Quarzit, Milchquarz und Tonschiefervarietäten sind ebenfalls in beschränkter Menge aufgearbeitet worden. Diese dürften teilweise aus den carbonischen Gesteinen, teilweise vielleicht auch aus den mediterranen Bildungen von Diósgyőr stammen, eventuell auch in der Form von Bachgeröllen.

Die Untersuchungen sind teilweise durch die Széchenyi-Wissenschaftliche-Gesellschaft unterstützt worden.

Tafelerklärung.

1. *Chalcedon (c).* Körniges Aggregat zwischen gekreuzten Nicols. Lineare Vergrösserung: 47.

2. *Chalcedon (d).* Die schief verlaufenden dunklen Streifen sind rote Bänder aus Hämatit. Nicols gekreuzt. Lineare Vergrösserung: 47.

3. *Weisser Chalcedon (e).* Die Spuren einer gitterartigen Struktur sind sichtbar, zwischen gekreuzten Nicols. Lineare Vergrösserung: 47.

4. *Hornstein (a)* zwischen gekreuzten Nicols. Oben sind die radialfaserigen Chalcedonsphärolite sichtbar. In der rechten Hälfte des Bildes sieht man zwei grosse Kalzitkristalle mit Zwillingslamellen. Die dunklen rhombenförmigen Durchschnitte sind Limonitpseudomorphosen nach Kalzit. Lineare Vergrösserung: 47.

5. *Quarzit (a)* zwischen gekreuzten Nicols. In der Masse der kleinen Quarzkörner sind grosse Quarzindividuen eingebettet, ähnlich porphyrischen Einsprenglingen. Die grossen Quarzkörner sind gestreckt und löschen undulös aus. Lineare Vergrösserung: 12·5.

6. *Milchquarz* zwischen gekreuzten Nicols. In der oberen Hälfte des Bildes ist die äusserst feine Bänderung zu sehen. Lineare Vergrösserung: 12·5.

---

[2] Böckh J.: Die geologischen Verhältnisse des Bükkgebirges und der angrenzenden Vorberge. Jahrb. d. k. k. Geologischen Reichsanstalt XVII, 1867, p. 228.

Schréter Z.: Die geologischen Verhältnisse der Umgebung von Eger. Jahresber. d. Kgl. Ungarischen Geologischen Reichsanstalt für 1912, p. 144—162.

UNTERSUCHUNGEN ÜBER DEN ZEITLICHEN VERLAUF DES MIKROBENLEBENS DES WALDBODENS.

(Aus dem Bot. Institut der k. ung. Hochschule für Berg- und Forstingenieure.)

Von D. FEHÉR.

Vorgelegt der III. Klasse der Ung. Akademie der Wiss. in der Sitzung den 10. Dec. 1928.*

Einleitung.

Im Laufe unserer bisherigen Untersuchungen ist uns grösstenteils gelungen einige wichtige biologische Zusammenhänge zwischen der Bodenatmung, dem Kohlensäuregehalt der Waldluft, der Mikroflora und Mikrofauna des Waldbodens einerseits und jenen organischen und unorganischen Faktoren anderseits, welche diese beeinflussen, aufzuklären. (I.)

Im Laufe dieser Untersuchungen bin ich aber immer mehr zu der Überzeugung gelangt, dass die Wirkung und der Einfluss der wichtigsten Umweltfaktoren erst dann befriedigend aufgeklärt werden können, wenn wir den zeitlichen Verlauf der biologischen Tätigkeit und der Änderungen, welche in dem Waldboden durch diese Faktoren hervorgerufen werden, auf breiter Basis und durch lange, womöglichst ein ganzes Jahr umfassende, Beobachtungsperioden untersuchen. Ich habe näm-

---

* Ungarisch erschienen unter dem Titel: Vizsgálatok az erdőtalaj biológiai tevékenységének időszaki változásairól. Mathematikai és Természettudományi Értesítő, Bd. XLV. p. 201.

lich im Laufe meiner bisherigen Untersuchungen meistens nur mit verhältnismässig kurzen Beobachtungsperioden gearbeitet. Die auf dieser Art und Weise gewonnenen Resultate haben jedoch nicht in jeder Hinsicht befriedigende Aufklärungen geliefert. Angesichts dieser Tatsache habe ich mich nun entschlossen die fraglichen biologischen Erscheinungen und ihre wichtigsten Umweltfaktoren auf mehreren Versuchsflächen durch ein ganzes Jahr systematisch zu untersuchen.

Zu diesem Behufe habe ich für die Untersuchungen drei Versuchsflächen gewählt und zwar: Versuchsfläche Nr. I Fichtenwald im botanischen Garten der Hochschule, Versuchsfläche Nr. V Fichtenwald in Ágfalva, Forstverwaltung der Hochschule, Versuchsfläche Nr. VII Niederwald in Ágfalva, Forstverwaltung der Hochschule.

Mit Rücksicht auf die recht umständlichen Untersuchsmethoden, welche bei den quantitativen Untersuchungen der Bodenatmung und des CO_2-Gehaltes der Waldluft dermalen angewendet werden, deren Durchführung, namentlich in den Wintermonaten auch physisch recht schwierig ist, konnte ich diese beiden Faktoren nur auf Versuchsfläche Nr. I ununterbrochen durch das ganze Jahr messen, während auf den anderen Versuchsflächen nur die anderen Faktoren untersucht wurden.

Untersuchsmethodik.

1. Die Bestimmung der Bodenatmung habe ich während der ganzen Beobachtungsperiode mit dem neuen Verfahren durchgeführt, welches von mir eingeführt wurde. Dieses Verfahren besteht darin, dass die, durch die Bodenatmung produzierte CO_2 mit dem volumetrischen Apparat von LUNDEGARDH auf titrimetrischem Wege bestimmt wird, wobei die kohlensäurehaltige Bodenluft durch eine inwendig paraffinierte und aus Zinkblech erzeugte Glocke gesammelt wird, aus welcher die Luft durch eine entsprechende Leitung unmittelbar in den volumetrischen Apparat geleitet wird, wo dann die CO_2 absorbiert und mit $\frac{n}{x} HCl$ titriert wird. (II.)

Das Wesen des Verfahrens ist folgendes:

Ist

$X = CO_2$-Produktion des Bodens in Grammen per Quadratmeter und Stunde,

H = das Volumen der Bodenglocke in Kubikzentimeter,

h_1 = die Volumenverminderung, welche durch das Eindrücken der Glocke entsteht, in Kubikzentimeter,

h_2 = das Volumen der Glasleitung, welche die Glocke mit dem Apparat verbindet, in Kubikzentimeter,

h_3 = das Luftvolumen, welches in den Apparat eingesaugt wird,

t_0 = der Titer der $Ba(OH)_2$-Lösung mit $\frac{n}{x} HCl$ (Blindtiter),

t_1 = der Titer der $Ba(OH)_2$-Lösung nach der Absorption,

g = der Kohlensäuregehalt der Luft in $\frac{\text{Gramm}}{\text{(Kubikzentimeter)}}$,

T = die Grundfläche der Bodenglocke in Quadratzentimeter,

t = die Expositionszeit der Glocke, d. h. der Zeitintervall zwischen dem Schliessen und Öffnen der Glocke in Minuten,

f = der Faktor der $\frac{n}{x} HCl$-Lösung, welcher angibt, wieviel Gramm CO_2 ein Kubikzentimeter der betreffenden HCl-Lösung entsprechen,

so lautet die Formel folgender Weise:

$$X = \left[\frac{H - h_1 + h_2}{h_3}(t_0 - t_1)f - (H - h_1 + h_2).g\right]\frac{60}{t} \cdot \frac{10{,}000}{T}.$$

Da bei entsprechender Arbeitseinrichtung die Werte von H, h_1, h_2, h_3, t und T konstant gehalten werden können, so können wir schreiben

$$\frac{H - h_1 + h_2}{h_3} = a, \qquad \frac{10{,}000}{T} = c$$

$$H - h_1 + h_2 = b, \quad \text{und} \quad \frac{60}{t} = d.$$

Die Gleichung wird daher für das praktische Arbeiten die folgende einfache Form aufnehmen:

$$X = [a(t_0 - t_1)f - b.g].c.d.$$

2. Der Kohlensäuregehalt der Waldluft wurde ebenfalls mit dem volumetrischen Apparate von LUNDEGARDH gemessen. (III.) Infolge dieser zeitraubenden Massenuntersuchungen konnte ich den CO_2-Gehalt der Waldluft nur in 3 m Höhe über der Bodenfläche unterhalb dem unteren Rande der Baumkrone messen.

Diese zwei Untersuchungen waren namentlich im Winter bei Temperaturgraden unter 0° mit bedeutenden Schwierigkeiten verbunden. Wir mussten jene Glassbestandteile der Apparat, welche mit der kalten Aussenluft in Berührung kommen, mit einem zweckentsprechenden Warmwasser-Mantel umhüllen.

3. Die Anzahl der Bodenbakterien wurde nach physiologischen Gruppen nach dem in meinem Institute von BOKOR eingeführten Verfahren ermittelt, wobei das Verdünnungs- und das elektive Verfahren kombiniert wird. Wie meine zahlreiche Untersuchungen, welche in den letzten Jahren durchgeführt wurden, zeigen, liefert dieses Verfahren sehr gute und befriedigende Resultate. (I.)

Ausserdem habe ich auch die Gesamtzahl der Bakterien, welche auf Agar- und Gelatinplatten gezüchtet werden, getrennt nach aeroben und anaeroben Bakterien ermittelt. Die Summe der beiden ergibt nun die Gesamtzahl der Bakterien.

4. Die Anzahl der Bodenprotozoen wurde nach dem Verdünnungsverfahren von CUTLER ermittelt. (IV.)

5. Die Bodenpilze wurden nach einer, von WAKSMAN empfohlenen Methode bestimmt. (V.)

6. Der Humusgehalt wurde mit Kaliumbichromat bestimmt. (VI.)

7. Der Wassergehalt wurde mit Trocknen auf 100° bis ständigem Gewicht gemessen. (VII.)

8. Die Wasserkapazität (VII.) und

9. die Porosität (VII.) wurden nach den von WIESMANN empfohlenen Methoden bestimmt.

10. Die Luftkapazität wurde aus den Daten der Porosität und abs. Wasserkapazität berechnet.

11. Die Lichtintensität wurde nach dem Verfahren von EDER—HECHT gemessen, wobei die Lichtintensität mit je einer Apparat gleichzeitig im Freien und im Walde bestimmt wurde, und

als Beobachtungszeit 1 Minute verwendet wurde. (VIII.) Aus diesen Daten habe ich dann die Bunsen—Roscoe-Einheiten ermittelt und aus diesen Einheiten die Lichtintensität im Walde im % des Freilandlichtes berechnet. Die relativen Änderungen der abs. Werte der Lichtintensität im Walde und im Freien habe ich in den Graphikonen nur mit den Skalenteilen des Photometersa usgedrückt, wobei 1 Minute als Beobachtungszeit benützt wurde. Aus diesen Daten können die Bunsen—Roscoe-Einheiten jederzeit ermittelt werden.

12. Die ph-Werte wurden elektrometrisch mit der Methode und Apparatur von Mislowitzer ermittelt. (IX.) Ausserdem habe ich noch eine eigene einfache Apparatur zusammengestellt, welche ebenfalls mit der Chinhydronelektrode arbeitet. Als Nullinstrument diente ein Weston-sches Galvanometer, und die Kompensation wurde mit einer Wheatstone—Kirchhoff-schen Brücke bewirkt. Um das Galvanometer möglichst schonen zu können, haben wir für die grobe Einstellung ein Max—Kohl-sches Milliamperemeter vorgeschaltet, das dann für die feine Einstellung mit einem einfachen Stromwechsel nach Bedarf auf das Galvanometer umgeschaltet werden kann.

Was nun die Details der Untersuchungen anbelangt, möchte ich noch kurz folgendes bemerken:

Es wurden täglich gemessen: die Bodenatmung, die Bodentemperatur in drei verschiedenen Tiefen: an der Oberfläche, in 0·5 m und in 1·0 m Tiefe, die Lufttemperatur, die Windstärke und die Lichtintensität, beziehungsweise die Lufttemperatur und die Feuchtigkeit wurde mit Registrierapparaten fortlaufend gemessen.

Die Anzahl der Bakterien, Pilze und Protozoen konnte ich mit Rücksicht auf die mit der Untersuchung derselben verbundenen Massenuntersuchungen nur monatlich einmal bestimmen. Nur in den kritischen Monaten Dezember, Jänner und Feber haben wir die Gesamtzahl der Bakterien in jeder zweiten Woche bestimmt.

Kurze Beschreibung der Versuchswälder.

1. Fichtenwald im botanischen Garten der Hochschule.

Versuchsfläche Nr. I.

Alter: 50 Jahre, auf Lehmboden mit reichlichen Bodenpflanzen.

In der Nähe des Versuchsplatzes haben wir die folgende Bodenpflanzen gefunden: zerstreut: *Ligustrum vulgare* L., *Sambucus nigra* L., *Berberis vulgaris* L. dann *Hedera helix* L., *Rubus idaeus* L., *Galeopsis pubescens* Bess. *Viola silvestris* Lam., *Lysimachia nummularia* L,. *Brachypodium sylvaticum* (Huds) R. et Sch., *Ajuga reptans* L., *Fragaria vesca* L., *Epilobium montanum* L., *Convallaria majalis* L., *Mnium undulatum* (L.) Neck., *Fissidens taxifolius.*

Die Resultate der Untersuchungen zeigt Graphikon Nr. 1 und Tabelle Nr. I.

2. Fichtenwald in Ágfalva, Forstverwaltung der Hochschule.

Versuchsfläche Nr. V.

Betriebsklasse: J, Abt. I, Waldparzelle 13, Standortsklasse II, Höhe 360—400 m. ü. d. M., frischer, sandiger Lehmboden auf Schotter, Alter: 24. Jahre. Bestandesschluss 1·0. Exposition SW. Besteht aus 0·5 Fichte [*Picea excelsa* (Lam et Dc) Lk.], 0·1 Schwarzkiefer (*Pinus nigra* Arn.), 0·1 Lärche (*Larix decidua* Mill.), 0·3 Weissbuche (*Carpinus betulus* L.) und Pappel (*Populus tremula* L.).

Bodenpflanzen: *Corylus avellana* L., *Cyclamen europaeum* L., *Brachypodium silvaticum* (Huds) R. et Sch., *Viola silvestris* Lam., *Convallaria majalis* L. und *Moose.*

Die Resultate der Untersuchungen zeigt Graphikon Nr. 2 und Tabelle Nr. II.

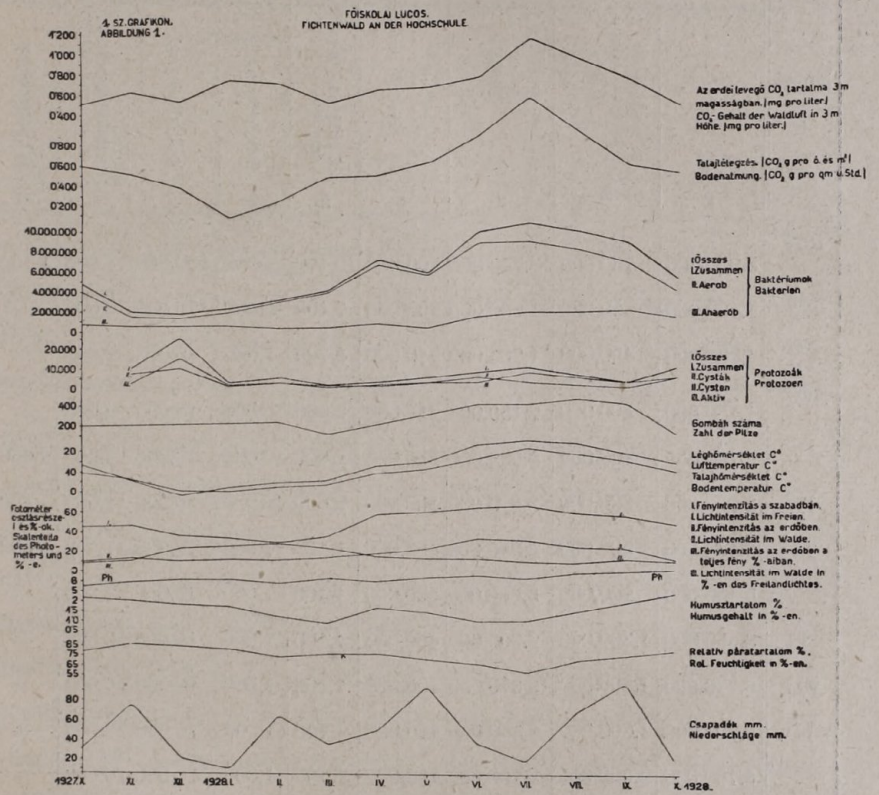


Fig. 1.*

* Es ist eine Lupe zu gebrauchen.

Tabelle I.

Monat	Aerob	Anaerob	Zusammen	Pilze	*N*-bindende (aerob und anaerob)	Nitrifizierende	Denitrifizierende	Cellulosezersetzer (aerob und anaerob)	Pektinvergärer
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1927 X.	4.000,000	750,000	4.750,000	200,000	10,100	1,000	100,000	11,000	1,100
XI.	1.490,000	500,000	1.990,000	205,000	7,400	5,000	70,000	2,000	—
XII.	1.255,000	450,000	1.705,000	210,000	4,700	7,000	40,000	1,000	—
1928 I.	1,750,000	400,000	2.150,000	214,000	2,000	10,000	10,000	2,000	—
II.	2.790,000	200,000	2.990,000	220,000	2,000	10,000	10,000	2,000	2,000
III.	3.670,000	200,000	3.870,000	100,000	2,000	10,000	10,000	2,000	200
IV.	6.460,000	500,000	6.960,000	200,000	1,100	1,000	10,000	11,000	2,000
V.	5.450,000	200,000	5.650,000	300,000	1,100	1,000	10,000	2,000	—
VI.	8.600,000	1.300,000	9.900,000	400,000	1,100	1,000	10,000	20,000	—
VII.	8.770,000	1.800,000	10 570,000	400,000	1,100	1,000	10,000	20,000	—
VIII.	8.000,000	1.800,000	9.800,000	450,000	1,100	1,000	10,000	20,000	—
X.	6.700,000	2.000,000	8.700,000	400,000	1,100	1,000	10,000	10,000	—
X.	3.800,000	1.300,000	5.100,000	100,000	5,000	1,000	100,000	10,000	—
Mittel	4.825,000	877,000	5.687,000	261,530	3,061	3,846	30,770	8,690	—

Porosität 49·2 — Wasserkapazität 37·2.

Fichtenwald an der Hochschule.

Aerob Harnstoffvergärer	Anaerobe Buttersäurebazillen	Protozoen			*Ph.*	Humusgehalt	Bodenatmung pro qm u. Std.	CO_2-Gehalt der Waldluft in 3 m. Höhe	Bodentemperatur an der Oberfläche	Lufttemperatur
		Zusammen	Cysten	Aktiv						
10	11	12				%	gr	mg pro l	C°	C°
100,000	10,000	—	—	—	5·50	2·15	0·597	0·509	9·53	13·56
70,000	7,000	10,000	7,500	2,500	5·90	2·00	0·518	0·627	6·23	5·87
40,000	4,000	25,000	10,000	15,000	6·10	1·80	0·372	0·518	0·39	—2·24
10,000	1,000	2,500	1,000	1,500	6·08	1·70	0·0669	0·721	—0·05	1·81
10,000	1,000	5,000	2,500	2,500	5·74	1·20	0·229	0·687	1·80	3·85
10,000	1,000	1,000	1,000	—	6·20	0·87	0·472	0·498	2·85	4·96
10,000	1,000	2,500	1,000	1,500	5·94	1·63	0·495	0·637	8·49	12·27
10,000	10,000	5,000	2,500	2,500	6·31	1·40	0·613	0·663	10·72	14·29
10,000	10,000	7,500	2,500	5,000	6·52	0·96	0·884	0·758	15·95	22·75
10,000	10,000	10,000	7,500	2,500	6·23	0·97	1·256	1·134	21·27	25·16
10,000	10,000	6,300	5,000	1,300	6·74	1·90	0·924	0·935	18·20	23·76
100,000	10,000	2,500	2,500	—	6·90	2·35	0·590	0·738	14·67	18·39
100,000	10,000	10,000	5,000	5,000	7·04	2·83	0·516	0·476	10·00	14·01
37,692	6,538	7,275	4,000	4,183	6·24	1·67	0·580	0·684	9·22	12·18

Luftkapazität 12·0 — 1—12. pro 1 gramm feuchter Erde.

Tabelle II.

Monat	Aerob	Anaerob	Zusammen	Pilze	*N*-bindende (aerob und anaerob)	Nitrifizierende	Denitrifizierende	Cellulosezersetzer (aerob und anaerob)
	1	2	3	4	5	6	7	8
1927. X.	—	—	—	—	—	—	—	—
XI.	3.200,000	2.000,000	5.200,000	180,000	200	1,000	100,000	10,000
XII.	2.300,000	540,000	2.840,000	140,000	500	5,000	50,000	5,000
1928. I.	960,000	160,000	1.120,000	—	1,000	10,000	5,000	5,000
II.	3.250,000	600,000	3.850,000	350,000	1,100	10,000	10,000	1,100
III.	1.700,000	250,000	1.950,000	250,000	1,100	1,000	100,000	1,100
IV.	3.500,000	2.600,000	6.100,000	400,000	2,000	1,000	100,000	1,100
V.	7.400,000	2.800,000	10.200,000	360,000	2,000	1,000	10,000	2,000
VI.	8.800,000	1.250,000	10.050,000	400,000	2,000	1,000	10,000	11,000
VII.	9.300,000	1.500,000	10.800,000	200,000	2,000	1,000	10,000	11,000
VIII.	8.150,000	950,000	9.100,000	225,000	2,000	1,000	10,000	7,500
IX.	7.000,000	400,000	7.400,000	250,000	1,100	1,000	100,000	4,000
X.	4.100,000	1.350,000	5.450,000	120,000	400	1,000	100,000	10,000
Mittel	4.971,000	1.208,330	6.171,660	260,000	1,280	2,830	50,420	5,730

Porosität 49·8 % — Wasserkapazität 21

Fichtenwald bei Ágfalva.

Pektinvergärer (aerob und anaerob)	Aerob Harnstoffvergärer	Anaerobe Buttersäurebazillen	Protozoen			*Ph.*	Humusgehalt	Bodentemperatur an der Oberfläche	Lufttemperatur
			Zusammen	Cysten	Aktiv				
9	10	11	12				%	C°	C°
—	—	—	—	—	—	—	—	9·53	13·56
1,100	10,000	50,000	10,000	7,500	2,500	5·2	4·0	6·23	5·87
—	10,000	20,000	50,000	25,000	25,000	5·5	3·2	0·39	—2·24
—	10,000	8,000	2,500	1,000	1,500	5·8	2·7	—0·05	1·81
200	10,000	1,000	1,000	1,000	—	6·12	2·4	1·80	3·85
200	100	10,000	2,500	1,000	1,500	5·8	1·32	2·85	4·96
—	10,000	10,000	5,000	2,500	2,500	6·34	2·81	8·49	12·27
—	10,000	1,000	5,000	2,500	2,500	6·23	1·97	10·72	14·29
—	20,000	1,000	10,000	2,500	7,500	6·8	2·13	15·95	22·75
—	20,000	10,000	5,000	2,500	2,500	6·34	4·08	21·27	25·16
—	15,000	55,000	5,000	1,500	3,500	6·32	3·55	18·20	23·76
—	10,000	100,000	5,000	1,000	4,000	6·35	3·04	14·67	18·39
—	10,000	40,000	7,500	2,500	5,000	6·72	2·53	10·01	14·01
—	11,260	25,500	9,042	3,885	5,227	6·12	2·81	9·22	12·18

Luftkapacität 28·8 — 1—12. pro 1 gramm feuchter Erde.

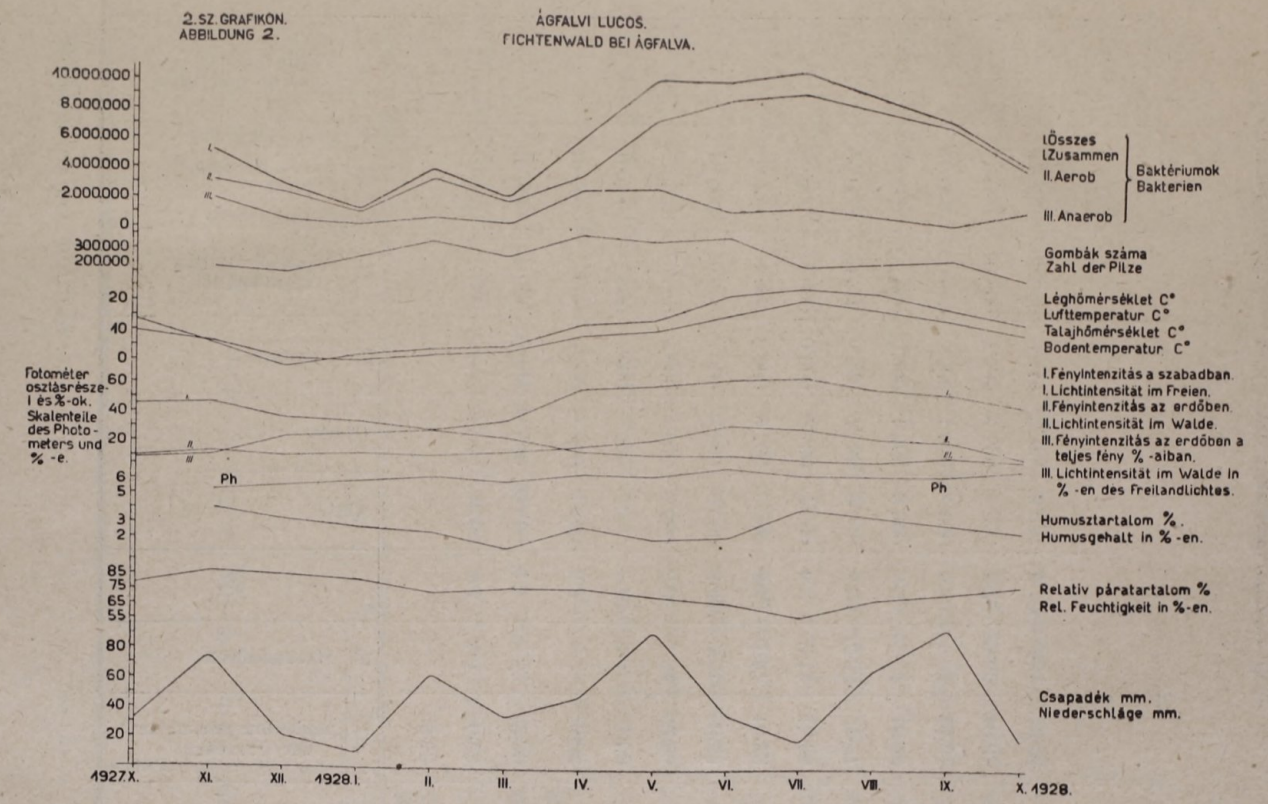


Fig. 2.*

* Es ist eine Lupe zu gebrauchen.

3. Unterbauter Niederwald in Ágfalva, Forstverwaltung der Hochschule.

Versuchsfläche Nr. VII.

Betriebsklasse: H. Abt II. Waldparzelle 22. Standortsklasse II. Fläche 1 kat. Joch. Alter: 7 Jahre. Höhe 360 m ü. M. Frischer, sandiger Lehmboden, Untergrund an dem nordlichen Teil Schotter und an dem südlichen Teil Schiefer und Gneis. Besteht aus 0·7 Fichte [Picea excelsa (Lam et Dc) Lk.], 0·3 Tanne (*Abies alba* Mill.), und Lärche (*Larix decidua* Mill.). Den Niederwald bilden Sprossen von *Carpinus betulus* L. Zerstreut einige *Castanea sitva* Mill. und *Fagus silvatica* L.

Bodenpflanzen: *Corylus avellana* L., *Genista germanica* L., *Genista pilosa* L., *Vaccinium myrtillus* L., *Luzula nemorosa* (Pohl) E. Mey., *Festuca ovina* L., *Calamagrostis epigeios* (L.) Roth, *Convallaria majalis* L., *Galium silvaticum* L.. *Fragaria vesca* L., *Cyclamen europaeum* L., *Campanula persicifolia* L., *Campanula glomerata* L., *Melampyrum pratense* L., *Peltigera canina.*

Die Resultate der Untersuchungen zeigt Grafikon Nr. 3 und Tabelle Nr. III.

Tabelle Nr. IV zeigt die wichtigsten Daten der Ergebnisse nach Jahresmittelwerten zusammengestellt in Verbindung mit den Resultaten meiner früheren Untersuchungen.

Vergleichende Besprechung der Resultate.

Die die Resultate der Untersuchungen enthaltenden Abbildungen und Zeichnungen zeigen ganz klar erkennbare Zusammenhänge und Gesetzmässigkeiten der mikrobiologischen Tätigkeit des Waldbodens. Diese Untersuchungen haben nach meiner Ansicht klar erwiesen, dass der Kohlensäuregehalt der Waldluft durch die Bodenatmung unmittelbar beeinflusst wird, so dass der überwiegende Teil der durch die Assimilation der Waldbäume verbrauchte Kohlensäure durch die Tätigkeit der Bodenatmung erzeugt wird. Diese Bodenatmung wird aber, wie das

Tabelle III.

Monat	Aerob	Anaerob	Zusammen	Pilze	*N*-bindende (aerob und anaerob)	Nitrifizierende	Denitrifizierende	Cellulosezersetzer (aerob und anaerob)
	1	2	3	4	5	6	7	8
1927. X.	—	—	—	—	—	—	—	—
XI.	3.600,000	200,000	3.800,000	200,000	1,100	10,000	50,000	20,000
XII.	2.300,000	170,000	2.470,000	180,000	5,000	5,000	40,000	10,000
1928. I.	1.050,000	100,000	1.150,000	160,000	5,000	1,000	20,000	10,000
II.	3.162,500	120,000	3.282,500	150,000	11,000	1,000	10,000	10,100
III.	2.640,000	200,000	2.840,000	100,000	2,000	1,000	10,000	10,100
IV.	5.800,000	350,000	6.150,000	110,000	2,000	1,000	10,000	20,000
V.	9.550,000	400,000	9.950,000	250,000	2,000	10,000	100,000	11,000
VI.	8.930,000	1.500,000	10.430,000	350,000	1,100	1,000	10,000	11,000
VII.	11.300,000	1.900,000	13.200,000	250,000	1,100	1,000	10,000	20,000
VIII.	10.000,000	2.000,000	12.000,000	150,000	1,100	1,000	10,000	16,000
IX.	8.000,000	2.500,000	10.500,000	60,000	1,100	10,000	10,000	14,000
X.	3.100,000	1.000,000	4.100,000	70,000	1,000	10,000	100,000	12,000
Mittel	5.786,710	870,000	6.654,375	169,166	2,790	4,330	31,660	13,666

Porosität 47·0 — Wasserkapazität 33·3

Niederwald bei Ágfalva.

Pektinvergärer (aerob und anaerob)	Aerob Harnstoffvergärer	Anaerobe Buttersäurebazillen	Protozoen			*Ph*	Humusgehalt	Bodentemperatur an der Oberfläche	Lufttemperatur
			Zusammen	Cysten	Aktiv				
9	10	11	12				%	C°	C°
—	—	—	—	—	—	—	—	9·53	13·56
—	40,000	10,000	7,500	2,500	5,000	4·90	2·20	6·23	5·87
—	20,000	5,000	5,000	2,500	2,500	4·75	2·20	0·39	—2·24
—	1,000	1,000	7,500	5,000	2,500	4·61	2·25	—0·05	1·81
—	1,000	1,000	2,500	1,000	1,500	5·79	2·80	1·80	3·85
—	10,000	10,000	5,000	5,000	—	5·81	2·03	2·85	4·96
—	10,000	10,000	1,000	1,000	—	5·76	4·17	8·49	12·27
—	10,000	1,000	2,500	2,500	—	6·20	3·16	10·72	14·29
—	40,000	10,000	7,500	1,000	6,500	6·45	2·73	15·95	22·75
—	10,000	10,000	10,000	7,500	2,500	5·90	2·52	21·27	25·16
—	1,000	10,000	6,200	5,000	1,200	5·94	2·61	18·20	23·76
—	1,000	10,000	2,500	2,500	—	6·24	2·70	14·67	18·39
—	40,000	10,000	7,500	1,000	6,500	6·58	2·81	10·00	14·01
—	15,330	7,330	5,375	3,041	3,525	5·73	2·68	9·22	12·18

Luftkapazität 13·7 — 1—12. pro 1 gramm feuchter Erde.

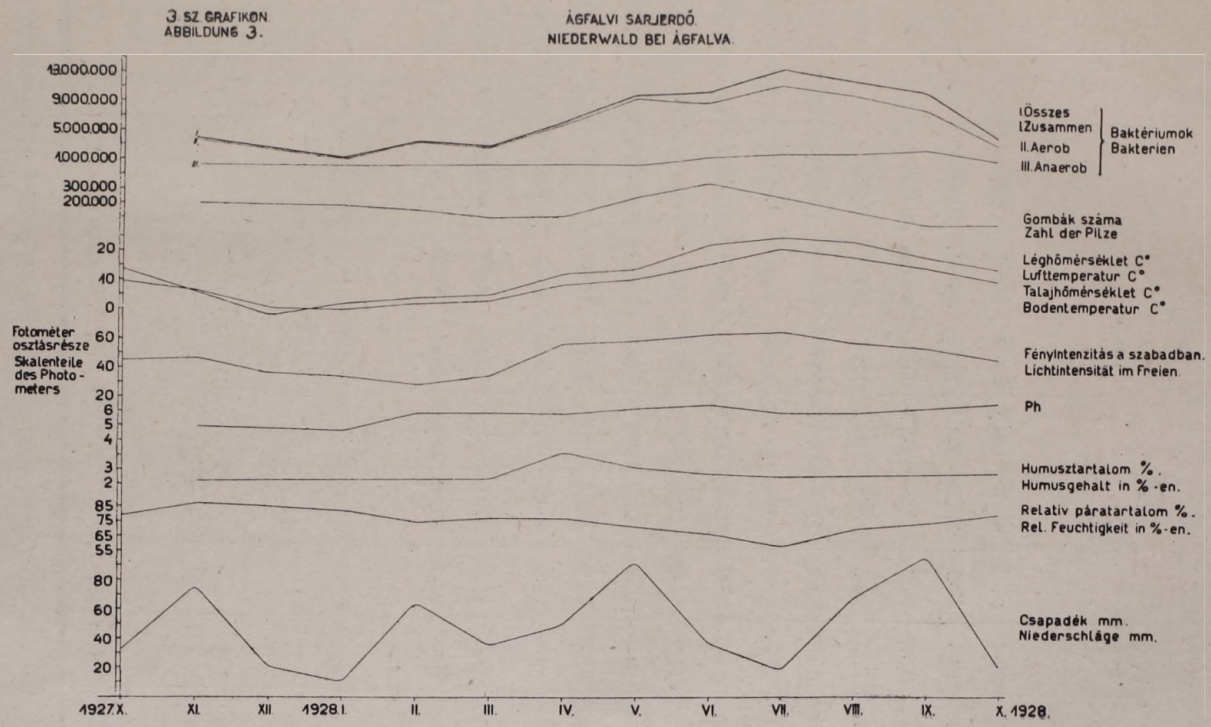


Fig. 3.*

* Es ist eine Lupe zu gebrauchen.

ebenfalls durch meine Untersuchungsergebnisse bestätigt wird grösstenteils und überwiegend durch die Tätigkeit der Bodenbakterien hervorgerufen.

Das Maximum und das Minimum der Gesamtbakterienzahl fällt mit dem Maximum und Minimum der Bodenatmungskurve fast vollkommen zusammen. Im Winter, namentlich in den Monaten Dezember und Jänner erreicht die Bodenatmung ihre niedrigsten Werte und wenn die Bodentemperatur unter 0° C sinkt, wird dieselbe fast vollkommen stillgelegt. Tabelle Nr. V zeigt ganz klar diese Erscheinung.

Dieser Stillstand der Bodenatmung bei Temperaturen unter 0° C wird durch den Umstand erklärt, dass bei diesen Temperaturgraden das Wasser der Bodenkapillaren gefriert und infolgedessen der Weg der CO_2-Diffusion physikalisch gesperrt wird. Meine Annahme wird dadurch bestätigt, dass, wie eben meine Untersuchungen zeigen, der Bakteriumgehalt des Waldbodens auch in den Wintermonaten verhältnismässig hoch bleibt, nur wird ihre Tätigkeit durch die niedrigen Temperaturen erheblich beschränkt und das Entweichen der durch sie produzierten CO_2 infolge des Gefrierens des Wassers der Bodenkapillaren verhindert.

Die Temperaturwirkung macht sich in den Mikrobenleben des Waldbodens besonders dann bemerkbar, wenn die Temperatur unter 10° C sinkt und sich den 0° nähert. Die Wirkung der Temperatur ist derart ausgeprägt, dass die Temperaturkurve mit den Änderungen der Bakterienzahl vollkommen kongruent ist. Die Boden- und Lufttemperatur, die abs. Werte der Lichtintensität, die Bodenatmung und die Gesamtzahl der Bakterien erreichen in den Monaten Dezember und Jänner ihre niedrigsten Werte und dieses Minimum tritt am schärfsten in diesen Monaten hervor.

Recht interessant ist die Änderung des CO_2-Gehaltes der Waldluft. Die Kurve des CO_2-Gehaltes der Waldluft läuft bis zum Ende November, beziehungsweise anfangs Dezember parallel mit der Bodenatmungskurve. In den kältesten Wintermonaten, Dezember und Jänner, wo die Bodenatmung ihre niedrigsten Werte erreicht, sinkt im allgemeinen der CO_2-Ge-

halt der Waldluft nicht ganz auf das CO_2-Niveau des freien Luftmeeres, sondern erreicht in gewissen Perioden verhältnismässig höhere Werte, als dieses. Die Ursache dieser Erscheinung ist nach meiner Ansicht die Folgende:

Die Bodenatmung, abgesehen von den Tagen, an denen die Temperatur des Bodens unter 0° C sank, hört niemals vollkommen auf. Der Boden erzeugte daher fast ununterbrochen Kohlensäure, welche durch unsere Apparate registriert und gemessen wurde. Anderseits aber in den Monaten November, Dezember, Jänner und Feber wird die Assimilation infolge der niedrigen Lufttemperatur fast vollkommen eingestellt. In diesen Monaten war die Temperatur gewöhnlich unter 10° C und meistens bewegten sich ihre Werte unterhalb von 5° C. Da infolge der fehlenden Assimilation der CO_2-Verbrauch minimale Werte haben wird, so kann der CO_2-Gehalt der Waldluft durch die geringe Bodenatmung gewissermassen doch in den unteren Luftschichten erhöht werden, nachdem das Diffusionsgefälle infolge der fehlenden Assimilation äusserst gering und die Waldluft, namentlich in den vor dem Wind geschützten unteren Niveaus derselben, mit CO_2 gesättigt wird.

Bemerkenswert ist, dass im Laufe der Monate März, wo infolge der steigenden Temperatur die Assimilation im Gang gesetzt wird, der CO_2-Gehalt der Waldluft vorübergehend geringer wird, obwohl die Werte der Bodenatmung steigende Tendenz zeigen. Nur die spätere grosse Intensität der Bodenatmung kann im Laufe des Sommers sodann, trotz des starken Verbrauches seitens der assimilierenden Baumkronen, den CO_2-Gehalt der Waldluft erhöhen. An sonsten erreichen die Gesamtbakterienzahl, die Bodenatmung, der CO_2-Gehalt der Waldluft, die Luft- und Bodentemperatur und die absoluten Werte der Lichtintensität ihr Maximum im Laufe des Monates Juli. Im übrigen weist die Gesamtbakterienzahl ein zweites Maximum im Laufe des Frühjahres (Feber, März, April) auf, welches jedoch bedeutend geringer ist als das Hauptmaximum im Monate Juli. Das Bakterienwachstum im Waldboden weist seine kleine Beriode im Frühjahr und seine grosse Periode im Sommer auf.

Die Durchschnittszahlen des CO_2-Gehaltes der Waldluft stehen

nicht immer im Verhältnis mit der Intensität der Bodenatmung. Der CO_2-Gehalt der Waldluft wird nämlich auch durch die Intensität der Assimilation stark beeinflusst. Die Assimilationsintensität anderseits hängt aber sehr stark von der Temperatur und von der assimilierenden Fläche der Baumkronen des Waldbestandes ab. Die Vergleichstabelle Nr. IV gibt in dieser Beziehung sehr lehrreiche Daten. Ich greife als Beispiel den Eichenwald in Kiskomárom heraus. Dieser mittelalterige Bestand, der sehr gut geschlossen ist, hat durch seine reichliche Belaubung eine ziemlich grosse Assimilationsfläche. Der in seiner Nachbarschaft stehende jüngere Kiefernwald besitzt natürlich eine bedeutend kleinere Assimilationsfläche. Der Unterschied zeigt sich nun in dem Umstand, dass der Boden des Eichenwaldes, der ja eine sehr grosse Bakterienzahl und damit eine sehr hohe Atmungsintensität aufweist, geringeren CO_2-Gehalt hat wie der Kiefernwald. Das Gleiche gilt auch für den Niederwald in Ágfalva, wo der junge Bestand wenig CO_2 verbraucht und infolgedessen der CO_2-Gehalt des Waldes grösser wird, als der des, in seiner unmittelbaren Nähe stehenden Fichtenwaldes.

Wie die beigeschlossenen Abbildungen zeigen, so steigt die Anzahl der Pilze parallel mit der Anzahl der Bakterien und ich halte es sehr wahrscheinlich, dass auch diese durch ihre Lebenstätigkeit die Werte der Bodenatmung erhöhen.

Wie die Abbildungen auch am sonsten ganz klar zeigen, ist der Protozoengehalt bezüglich der Bodenatmung fast vollkommen wirkungslos.

Die *ph*-Werte erreichen ihr Maximum im Laufe der Monate Oktober und November. Später steigen sie und bleiben durch die ganze Vegetationsperiode, von kleinen Änderungen abgesehen, auf dem gleichen Niveau. Ihre höchsten Werte fallen daher im ganzen und grossen mit dem Maximum der Bakterienzahl zusammen und ihre minimale Werte kongruieren mit dem Maximum der Protozoenzahl.

Der Humusgehalt zeigt recht starke Schwankungen, ohne dass man einen unmittelbaren Einfluss auf den Bakteriengehalt nachweisen könnte. Im allgemeinen ist der Humusgehalt im Laufe der Herbstmonaten ziemlich hoch. Bei einigen Waldtypen

Tabelle IV.

Versuchfläche	Bakterien pro gr feuchter Erde			CO_2-Produktion pro Stunde u. Quadratmeter in Grammen
	Aerob	Anaerob	Zusammen	
Kiskomárom Eichenwald	36.000,000	8.800,000	44.800,000	1·057
Kiskomárom Kiefernwald	9.000,000	2.000,000	11.000,000	0·878
Ágfalva Fichtenwald	4.971,000	1.208,330	6.171,660	0·562
Ágfalva Niederwald	5.786,710	870,000	6.654,375	0·555
Váris Fichtenwald	4.500,000	900,000	5.400,000	0·583
Fichtenwald an der Hochschule	4.825,000	877,000	5.687,000	0·597
Hollands Väderö Buchenwald	11.500,000	3.000,000	14.500,000	0·87
Hollands Väderö Kiefernwald	2.950,000	500,000	3.450,000	0·298
Hollands Väderö Erlenwald	5.700,000	5.000,000	10.700,000	0·237

* Bezüglich der

Vergleichstabelle nach Jahresdurchschnittswerten.

CO^2-Gehalt der Waldluft			Humusgehalt %	*Ph.*	Beobachtungzeit *
0·3 m	3 m	9 m			
0·843	0·732	0·478	0·73	5·2	1927. VII. 15—VII. 25. 15. VII. 1927—25. VII.
0·901	0·717	0·628	0·81	5·4	1926. VII. 26—VIII. 8. 26. VII. 1926—8. VIII.
0·876	0·788	0·646	2·81	6·12	1926. IX. 1—IX. 10. 1. IX. 1926—10. IX.
—	2 m 0·940	—	2·68	5·73	1927. IX. 11—1927. IX. 13. 11. IX. 1927—13. IX. 1927.
0·775	0·762	0·700	11·3	6·8	1927. XI. 13—XI. 16. 13. XI. 1927—16. XI.
—	0·509	—	1·67	6·24	1927. X. 24—1927. XI. 2. 24. X. 1927—2. XI. 1927.
0·779	0·748	0·669	4·2	5·2	1926. VII. 14—VIII. 3. 14. VII. 1926—3. VIII.
0·707	0·677	0·627	0·5	4·2	1926. VIII. 28—IX. 11. 28. VIII. 1926—11. IX.
0·641	0·578	0·537	8·6	4·1	1926. VI. 9—VII. 7. 9. VI. 1926—7. VII.

[CO_2] Messungen.

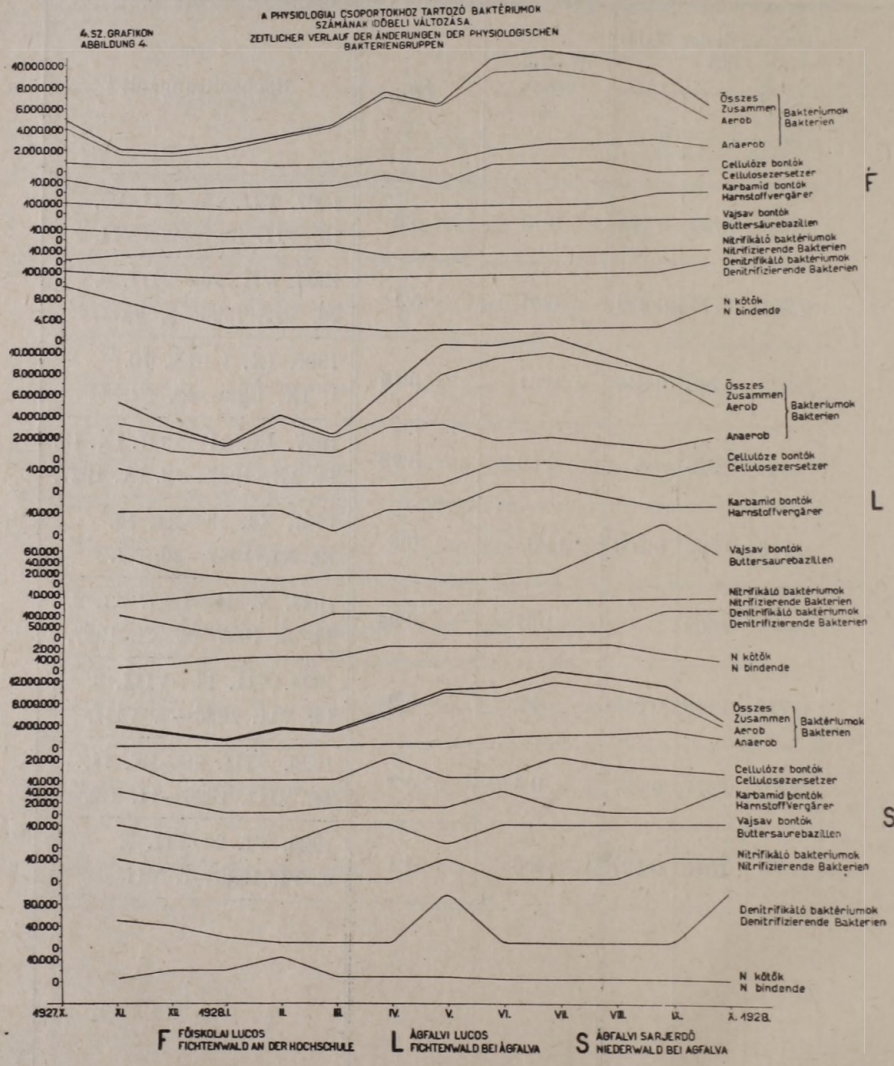


Fig. 4 *

* Es ist eine Lupe zu gebrauchen.

Tabelle V.

Bodenatmungswerte im Fichtenwald an der Hochschule an einigen kritischen Tagen, in Januar.

Datum	Bodentemperatur	Lufttemperatur		Bodenatmung gr pro St. und m²
		Max.	Min.	
2.	—1·8	—3·0	—10·8	—
3.	—2·6	—3·0	—13·5	—
10.	1·9	9·6	— 3·5	0·0779
11.	—	7·8	— 3·5	0·0588
13.	0·8	7·8	— 3·5	0·1783
16.	0·2	2·2	— 1·0	0·0622
17.	0·1	5·0	— 0·5	—
18.	0·8	5·5	— 1·0	—
19.	0·2	6·0	— 0·6	0·1046
20.	0·9	7·0	— 1·0	0·1769
21.	—	5·0	— 1·5	—
23.	—	7·5	—	—
24.	0·3	4·0	— 0·5	—
27.	0·2	—	— 2·3	—

konnte ich noch auch im Laufe des Frühjahrs, beziehungsweise des Sommers ein zweites Maximum feststellen. Das Herbstmaximum ist wahrscheinlich die Folge des Herbstlaubfalles, aber die Ursache des Frühjahrs- beziehungsweise des Sommersmaximum kann ich auf Grund dieser Untersuchungsergebnisse noch nicht genügend erklären. Die niedrigen Werte im Sommer sind jedenfalls die Folge der erhöhten Bakterientätigkeit in den Sommermonaten.

Im Laufe der bisherigen Untersuchungen, deren Ergebnisse ich in meinen früheren Arbeiten veröffentlicht habe, ist es mir auch gelungen den günstigen Einfluss der Lokalregenperioden nachzuweisen. Bei dieser langen Beobachtungsperiode jedoch, welche meiner jetzigen Untersuchungen zugrunde gelegt wurde, konnte ich, wie ich schon früher ausdrücklich betont habe, nur

die ganz ausgeprägte Wirkung der Boden- und Lufttemperatur und Lichtintensität nachweisen. Auf den Verlauf der Jahreskurve der Bodenatmung üben die Niederschlagsmengen keine unmittelbare Wirkung aus. Es ist zweifellos, dass das Bakterienleben des Waldbodens der normalen durchschnittlichen Niederschlagsmengen des Standortes sich vollkommen angepasst hat.

Es bietet ein interessantes Bild, wenn wir die Änderungen der Lichtintensität mit der Gestaltung der Umweltfaktoren vergleichen. Wie ich bei den Untersuchsmethoden bereits bemerkt habe, habe ich die Werte der absoluten Lichtintensitäten im Freien und im Walde einfach mit den abgelesenen Skalenteilen des Photometers ausgedrückt, woraus die Bunsen—Roscoe-Einheiten, wenn sich die Notwendigkeit ergeben sollte, berechnet werden können. Für die Darstellung der relativen Änderungen genügen ja allein die Skalenteile. Die absoluten Werte der Lichtintensität erreichen ihr Minimum im Herbst und im Winter und ihr Maximum im Hochsommer. Sie fallen daher mit den Minima und Maxima der Bakterienzahl und infolgedessen auch mit den Minima und Maxima der Bodenatmung vollkommen zusammen.

Wie ich schon in meiner Arbeit über die Protozoen-Fauna des Waldbodens betont habe, erblicke ich in dieser Erscheinung die Wirkung und den Ausdruck der Sonnenenergie *und ich möchte auch hier meiner Ansicht Ausdruck geben, dass bei der Entwickelung der Mikrobentätigkeit des Waldbodens die Wirkung und die Änderungen der Sonnenenergie eine ausserordentlich wichtige Rolle spielen.*

Was nun die unmittelbare Wirkung der Bakterientätigkeit auf die Bodenatmung anbelangt, so haben auch diese Untersuchungen bewiesen, dass wenn sich die Bakterienzahl erhöht und zwischen den Bakterien die aeroben vorherrschen, auch die, durch die Bodenatmung produzierten Kohlensäuremengen erhöht werden. Es ist eine auffallende Tatsache, dass die Anzahl der anaeroben Bakterien im Waldboden sich zwischen recht engen Grenzen bewegt. Die Anzahl der anaeroben Bakterien erreicht zwar im Laufe des Winters und des Sommers ebenfalls ihr Minimum und Maximum, sie erleidet aber nie grosse Än-

derungen. Infolge dieses Umstandes wird dann das Verhältnis der aeroben und anaeroben Bakterien für die Bodenatmung im Winter am günstigsten und im Sommer am ungünstigsten, also in jenen Jahreszeiten, wo die aeroben Bakterien ihr Minimum, beziehungsweise ihr Maximum erreichen.

Die Bodenatmung steht daher im engen und kausalen Zusammenhang mit der Anzahl der Bodenbakterien und zwar derart, dass ihre höchste Werte dann registriert werden, wenn die Gesamtzahl der Bakterien ihr Maximum erreicht und das Verhältnis der aeroben Bakterien zu den anaeroben die günstigste Relation zeigt; somit fällt das Minimum der Bodenatmung in jene Periode, wo die Anzahl der aeroben Bakterien am geringsten und ihr Verhältnis zu den anaeroben Bakterien am ungünstigsten ist.

Die Abbildung Nr. 4 und die Tabellen Nr. I—III zeigen nun auch die zeitlichen Änderungen der physiologischen Bakteriengruppen und zwar nach monatlichen Durchschnittswerten in drei Versuchsflächen. Die nähere Betrachtung dieser Abbildungen und Tabellen erlaubt nun im allgemeinen folgende Regelmässigkeiten abzuleiten. Zu bemerken ist, dass nachdem es sich hier in der ersten Reihe um die physiologische Wirkung der Bakteriengruppen handelt, innerhalb der einzelnen Bakteriengruppen die aeroben und anaeroben Bakterien zusammengezählt wurden.

Die cellulosezersetzenden Bakterien folgen im allgemeinen ziemlich hart dem Lauf der Änderungen der Gesamtbakterienzahl. Sie zeigen zwar auf den Versuchsflächen I und VII auch je ein Maximum im Frühjar, erreichen aber ihr vollständiges und grösstes Maximum mit den cellulosezersetzenden Bakterien der Versuchsfläche Nr. V im Laufe der Monaten Juni und Juli. Desgleichen zeigen einen, mit der Gesamtzahl der Bakterien parallel verlaufenden Kurvengang auch die Harnstoffvergärer- und Buttersäurebazillen.

Sehr charakteristisch ist die Entwickelung der nitrifizierenden Bakterien. Sie geben in allen drei Waldtypen ein annähernd gleiches Bild. Ihr Maximum entwickelt sich im Laufe des Winters, nur die Versuchsfläche VII, derer Boden der Wind- und

Temperaturwirkung mehr ausgesetzt ist, zeigt etwas abweichendes Verhalten. Das zweite, etwas niedrigeres Maximum erreichen dann die nitrifizierende Bakterien ungefähr in dem Monate Mai.

Die denitrifizierenden Bakterien zeigen im Winter ebenfalls ein Maximum und weisen sodann im Laufe des Frühjahrs auch ein zweites Maximum auf. Nur bei Versuchsfläche Nr. I vermissen wir das Erscheinen des Frühjahrsmaximums. Die Ursache dieser Erscheinung kann ich vorläufig noch nicht erklären. Das Herbstmaximum ist sicherlich die Folge der feuchten und niederschlagsreichen Herbstwetters. Auch das Frühjahrsmaximum ist warscheinlich mit dieser Umstand in Verbindung.

Die Entwickelung der N-bindenden Bakterien zeigt kein einheitliches Bild. Nur auf einer Versuchsfläche, und zwar auf Versuchsfläche Nr. V zeigt ihre Kurve einen, dem Gang der Kurve der Gesamtbakterienzahl einigermassen ähnlichen Verlauf. Bei den anderen Versuchsflächen ist ihr Verhalten ziemlich abweihend. So erreichen sie auf der Versuchsfläche Nr. VII ihr Maximum im Monat Feber und auf der Versuchsfläche Nr. I in den Wintermonaten.

Wie diese kurze Zusammenstellung zeigt, so kann man im ganzen und grossen auch in dem Verhalten und in der Entwickelung der physiologischen Bakteriengruppen gewisse Regelmässigkeiten nachweisen. Um die Ursache des abweichenden und mir vorläufig unverständlichen Verhaltens einzelner physiologischen Bakteriengruppen erklären zu können, habe ich weitere Untersuchungen im Gang gesetzt, deren Ergebnisse erst in einem späteren Zeitpunkte veröffentlicht werden können.

Zusammenfassung der Resultate.

1. Diese Untersuchungen haben in Übereinstimmung mit den Ergebnissen meiner früheren Resultate ganz klar erwiesen, dass zwischen dem Bakteriengehalt des Bodens und zwischen den durch ihre Tätigkeit produzierten Kohlensäuremengen ein unmittelbarer und kausaler Zusammenhang besteht, dessen Kriterien die folgenden sind:

a) Die biologische Tätigkeit der Bakterien steht in engem

Zusammenhange mit der Sonnenenergie, die in der Boden- und Lufttemperatur, so wie in der Lichtintensität ihren messbaren Ausdruck findet.

b) Die Änderungen des Bakteriumgehaltes des Bodens vollziehen sich nach klar erkennbaren Gesetzmässigkeiten, die durch den kurvenmässigen Verlauf der Änderungen der Gesamtbakterienzahl deutlich ihren Ausdruck finden. *Die Werte der Boden- und Lufttemperatur und der Lichtintensität erreichen zusammen mit dem Bakteriengehalt ihr Minimum in den Wintermonaten. Nach Ablauf des Winters steigen sie allmählich an und erreichen ihr vollständiges Maximum in den Monaten Juni und Juli. Während dieser Entwickelung kann man bei dem Bakteriengehalt des Bodens im Frühling noch ein zweites Maximum beobachten, welches aber gewöhnlich viel geringer ist, wie das Sommermaximum.*

c) Die Bodenatmung wird durch die Temperatur unter 0° gewöhnlich fast vollkommen stillgelegt trotz dem Umstand, dass der Waldboden auch bei den niedrigen Wintertemperaturen einen ziemlich beträchtlichen Bakteriengehalt aufweist. Dieser Stillstand ensteht auch dann, wenn die unteren Bodenschichten höhere Temperaturgrade aufweisen. Die Ursache dieser Erscheinung ist darin zu suchen, dass durch die niedrige Temperatur in den Bodenkapillaren das Wasser gefriert und dadurch die Diffusion der gebildeten CO_2 unmöglich macht.

d) Die durch die Bodenatmung erzeugten CO_2-Mengen werden hauptsächlich durch die Tätigkeit des Gesamtbakteriengehaltes des Bodens beeinflusst und zwar derart, dass die Intensität der Bodenatmung sich parallel mit der Zunahme der Anzahl der aeroben Bakterien erhöht. Die Anzahl der anaeroben Bakterien beeinflusst die Bodenatmung negativ. Die höchsten Werte erreicht die Bodenatmung erst dann, wenn in dem Gesamtbakteriengehalt des Bodens die aeroben Bakterien überwiegen. Die anaeroben Bakterien zeigen zwar ebenfalls ein Winterminimum und ein Sommers- beziehungsweise Frühlingsmaximum, aber die Änderungen ihrer Anzahl bewegen sich zwischen verhältnismässig engen Grenzen. Ihr relatives Minimum fällt mit dem Sommermaximum des Gesamtbakteriengehaltes

zusammen und ihr relatives Maximum kommt gleichzeitig mit dem Minimum des Gesamtbakteriengehaltes vor.

e) Die Anzahl und Tätigkeit der Bodenprotozoen übt keinen namhaften Einfluss auf den Gang der Bodenatmung aus.

f) Der CO_2-Gehalt der Waldluft wird ausser der Bodenatmung auch von der Intensität der Assimilation, beziehungsweise durch die Grösse des CO_2-Verbrauches der assimilierenden Baumkronen unmittelbar beeinflusst. Namentlich so lange im Herbst während der sinkenden Bodenatmung die Baumkronen noch CO_2 verbrauchen, nimmt auch der CO_2-Gehalt der Luft ab. Später aber, im Laufe des Winters, wo die Assimilation infolge der niedrigen Temperaturen vollkommen aufhört, sinkt der CO_2-Gehalt det Luft nicht vollkommen auf das CO_2-Niveau des freien Luftmeeres, sondern erreicht vorübergehend steigende Tendenz infolge der bestehenden Bodenatmung und des fehlenden Verbrauches durch die Assimilation. Im Frühjahr, bei Beginn der Assimilationstätigkeit der Bäume sinkt er vorübergehend, aber später mit der Erhöhung der Intensität der Bodenatmung steigt er wieder parallel mit der Bodenatmungskurve an.

g) Die Entwickelung der Pilze geht ungefähr mit der Kurve der Gesamtbakterienzahl parallel, nur mit der geringer Abweichung, dass ihr Maximum im Juli und im August durch die Trockenperiode meistens ungünstig beeinflusst wird.

2. Die zu den physiologischen Gruppen angehörenden Bakterien haben in ihrem Verhalten folgende Gesetzmässigkeiten konstatieren lassen:

a) Die Gesamtzahl der cellulosezersetzenden Bakterien (aerob und anaerob) zeigt ungefähr das gleiche Verhalten, wie die Gesamtbakterienkurve.

b) Die Buttersäure- und Carbamidbakterien zeigen im ganzen und grossen auch ungefähr ähnliches Verhalten.

c) Die nitrifizierenden Bakterien erreichen in den mittelalterigen, geschlossenen Waldtypen je zwei Maximum, und zwar eines im Winter und eines im Frühjahr. Dagegen zeigen sie in dem, auf der Kahlschlagsfläche entstandenen unterbauten Niederwalde ein Frühjahrs- und ein Wintermaximum.

d) Die denitrifizierenden Bakterien entsprechend den Feuchtigkeits und Niederschlagsverhältnissen, weisen ein Herbstmaximum auf und zeigen ausserdem an zwei Versuchsflächen noch ein Frühjahrsmaximum.

3. Die N-bindende Bakterien zeigen kein gleichmässiges Verhalten. Auf der einen Versuchsfläche ein Wintermaximum, auf der anderen ein Sommermaximum und ein Frühjahrsmaximum und auf den dritten ein Herbstmaximum. Dieses abweichende Verhalten hat mich veranlasst meine Untersuchungen noch in dieser Richtung zur Klärung dieser Frage fortzusetzen.

4. Zwischen den Änderungen der *ph*-Werte und des Humusgehaltes einerseits und den Änderungen des Bakteriengehaltes anderseits, konnte innerhalb der einzelnen Waldtypen kein unmittelbarer Zusammenhang nachgewiesen werden.

Literatur.

I. Dr. Fehér—Vági: Vizsgálatok az erdőtalaj életét befolyásoló élettani tényezők biokémiai, biofizikai és bakteriológiai kölcsönhatásáról. (Erdészeti Kísérletek, 1926. 1—2. füzet.)

Dr. Fehér—Vági: Biochemische und biophysikalische Untersuchungen über die Einwirkung der wichtigsten biologischen Faktoren auf das Leben und Wachstum der Waldbestände. (Forstliche Versuche, 1926. H. 1—2. Sopron.)

Dr. Fehér—Sommer: Vizsgálatok az erdőtalaj életét befolyásoló élettani tényezők biokémiai, biofizikai és bakteriológiai kölcsönhatásáról. II. közlemény. (Erdészeti Kísérletek, 1927. 1—2. füzet.)

Dr. Fehér—Sommer: Researches about the carbonic-acid nourishment of the forest. (Forest Researches, 1927. 1—2. Sopron.)

Dr. Fehér: Untersuchungen über die Kohlenstoffernährung des Waldes. [Flora (Allg. Bot. Zeitung), Bd. 121, Seite 316—333. 1927.]

Dr. Fehér: Untersuchungen über die Kohlensäureernährung des Waldes. Vorläufige Mitteilung. (Biochemische Zeitschrift, 1927. Bd. 180, Heft 1—2.)

Dr. Fehér: Vizsgálatok az erdő CO_2 táplálkozásáról. (M. Tud. Akadémia Mat. és Természettud. Értesítője, XLIV. kötet, 321—329. oldal, Budapest, 1927.)

Dr. Fehér: Untersuchungen über die Kohlenstoffernährung des Waldes. (M. Tud. Akadémia Mat. és Természettud. Értesítője. XLIV. köt., Budapest, 1927.)

Bokor: Vizsgálatok az erdőtalaj mikroflórájáról. (Erdészeti Kísérletek, 1926. 1—2. f.)

Bokor: Untersuchungen über die Mikroflora der Waldböden. (Forstliche Versuche, 1926. H. 1—2. Sopron.)

Bokor: Ein Beitrag zur Mikrobiologie des Waldbodens. (Biochemische Zeitschrift, 1927. Bd. 181, Heft 4—6.)

Dr. Fehér: Néhány megjegyzés «Vizsgálatok az erdőtalaj életét befolyásoló élettani tényezők biofizikai, biokémiai és bakteriológiai kölcsönhatásáról. (Erdészeti Kísérletek, 1927. 3—4. füzet.)

D. Fehér: Some remarks to my publications about the CO_2 nourishment of the forests. (Forest Researches, 1927. 3—4. Sopron.)

Dr. Fehér—Sommer: Vizsgálatok az erdőtalaj lélekzéséről különös tekintettel annak az erdő életében elfoglalt biológiai szerepére és gazdasági jelentőségére. (Erdészeti Kísérletek, 1928. 3. f.)

Dr. Fehér—G. Sommer: Researches about the carbon-nourishment of the forest. (Forest Researches, 1928. 3. Sopron.)

Dr. Fehér—Dr. Varga: Vizsgálatok az erdőtalaj Protozoa-faunájáról. (Bemutatva a M. Tud. Akadémia III. osztályának 1928 november 12-i ülésén.)

Dr. Fehér—Dr. Varga: Untersuchungen über die Protozoen-Fauna des Waldbodens. (Vorgelegt der Ung. Akademie der Wissenschaften i. d. Sitzung der III. Klasse am 12. November 1928.)

II. Dr. Fehér: Egy új eljárás az erdei talaj CO_2 lélekzésének mérésére. (Erdészeti Kísérletek, 1927. 3—4. f.)

Dr. Fehér: A new method for the measurement of the soil respiration of CO_2. (Forest Researches, 1927. 3—4. Sopron.)

Dr. Fehér: Über die Verwendung des Glockenapparates von Lundegardh für die Messung der CO_2-Produktion des Waldbodens. (Biochemische Zeitschrift, 1928. Bd. 193, Heft 4—6.)

III. Lundegardh: Der Kreislauf der Kohlensäure in der Natur. 1924.

IV. Cutler: A method for estimating the number of active protozoa in the soil. (Journal of Agr. Science, 10, p. 135—143. 1927.)

V. Vági: A talajtan elemei. (Die Elemente der Bodenkunde.) 177. old. Sopron, 1928.)

VI. A. Waksman: Methoden der mikrobiologischen Bodenforschung. 1927.

A. Waksman: Principles of Soil Microbiology. (Page 46.)

VII. Wiesmann: Agrikulturchemisches Praktikum. (Seite 227—233.)

VIII. Eder: Das Graukeilphotometer im Dienste der Pflanzenkultur. (Sitzungsberichte der Akademie zu Wien. II. Abt. 127. 1918.)

Abderhalden: Handbuch der biolog. Arbeitsmethoden. II. Abt. I. Teil

IX. Mislowitzer: Die Bestimmung der Wasserstoffionenkonzentration von Flüssigkeiten. 1928. Seite 245.

UNTERSUCHUNGEN ÜBER DIE PROTOZOEN-FAUNA DES WALDBODENS.

Aus dem Mikrobiologischen Laboratorium des Bot. Institutes der k. ung. Hochschule für Berg- und Forstingenieure.

Von D. FEHÉR und L. VARGA.

Vorgelegt der III. Klasse der Ung. Akademie der Wiss. in der Sitzung den 12. Nov. 1928.*

Einleitung.

Die mikrobiologischen Untersuchungen der letzten Jahren haben die ausserordentliche Wichtigkeit der biologischen Vorgänge im Boden erwiesen. Diese Vorgänge bekommen eine erhöhte Bedeutung im Leben der Waldbestände, welche ihre Nahrung aus dem Waldboden fast ausschliesslich auf dem Wege der organischen Zersetzungsprozesse erhalten. Trotz den recht intensiven und ausgedehnten Untersuchungen auf diesem Gebiete seitens der landwirtschaftlichen Forschungstätigkeit, wurde dieses Problem auf dem forstwirtschaftlichen Gebiet noch wenig bearbeitet. (I.)

In unserem Institute befassten wir uns seit 1923 mit der Erforschung der Biologie des Waldbodens. Nachdem uns gelungen ist einige wichtige Gesetzmässigkeiten der biologischen Lebensvorgänge der Mikroflora des Waldbodens aufzuklären, haben wir den Entschluss gefasst, nun auch die Biologie der

---

* Ungarisch erschienen unter dem Titel: Vizsgálatok az erdőtalaj Protozoa-faunájáról. Mathematikai és Természettudományi Értesítő, Bd. XLVI. p. 235.

Fauna des Waldbodens in Angriff zu nehmen. Zu diesem Zwecke war der erste Schritt die Untersuchung der Protozoen-Fauna und ihrer Tätigkeit im Waldboden.

So weit uns die einschlägige Literatur zugänglich ist, konnten wir ohne weiteres feststellen, dass umfassende Untersuchungen bezüglich der Protozoen-Fauna des Waldbodens dermalen noch nicht vorliegen. Die biologische Rolle der Protozoen im Leben des Waldbodens ist noch nicht volkommen entschieden. Einige Forscher sind der Ansicht, dass diese hauptsächlich die Tätigkeit der Nitrit- und Nitratbakterien beeinflussen und zwar derart, dass durch ihr Wirken die Nitratmengen des Bodens verringert werden.

Sehr interessant sind die neuesten Untersuchungen, welche zu beweisen scheinen, dass durch die Bodenprotozoen die Tätigkeit und das Wachstum des Azotobacter stark beeinflusst wird. (II.) Es ist übrigens nicht zu vergessen, dass die Protozoen auch dann, wenn sie bei dem organischen Zersetzungsprozess keine aktive Rolle spielen würden, den Nährstoffgehalt des Bodens dadurch beinflussen möchten, dass sie bei ihren Lebensvorgängen massenhaft absterben und so den Boden mit organischen Substanzen bereichern.

Die meisten Forscher bringen die biologische Rolle der Bodenprotozoen in Zusammenhang mit den Bodenbakterien. Bezüglich dieses Problems stehen heute die Anschauungen in ziemlich schroffen Gegensatz. Nach der Auffassung der amerikanischen Forscher sind die Protozoen gewöhnlich ohne Wirkung auf die Bodenbakterien, da sie sich grösstenteils in encystiertem Zustande befinden. Die englischen Biologen sind dagegen der Ansicht, dass die Bodenprotozoen auf die Bodenbakterien eine nicht unbedeutende Wirkung ausüben. Diese Auffassung findet man auch in den letzten Arbeiten einiger russischen Forscher. Nach der Ansicht der letzt erwähnten Forschungsrichtung befinden sich in den Boden recht zahlreiche Protozoen, welche sich mit Bakterien ernähren und infolgedessen die Zahl derselben auch erheblich verringern. Infolge dieses Umstandes leidet natürlich auch die Fruchtbarkeit des Bodens, die ja mit der Tätigkeit der Bodenbakterien in engem Zusammenhange ist.

Es war unser Ziel nun zunächst die Anzahl der Protozoen und jene organischen und anorganischen Umweltfaktoren, welche diese beeinflussen, zu untersuchen. Der Waldboden selbst kann ja als ein besonderer Lebensraum (Biotop) aufgefasst werden, in welchem die Gesamtheit der dort lebenden Lebewesen (Biocönosis) sich gegenseitig beeinflussen.

Wir waren im Laufe unserer Untersuchungen bestrebt die Biologie der Bodenprotozoen im Zusammenhange mit den sie beeinflussenden physikalischen und chemischen Umweltfaktoren quantitativ durch eine längere Beobachtungsperiode zu untersuchen. Wir haben hauptsächlich die quantitative Analyse der Bodenprotozoen vor Augen gehalten für uns hatte daher das individuelle und spezielle Vorkommen der einzelnen Arten nur eine secundäre Bedeutung. Wir sind nämlich der Ansicht, dass die Protozoen in dem Boden hauptsächlich durch ihre Masse wirken und infolgedessen wird nun hauptsächlich die quantitative Analyse ihren Zusammenhang mit dem Waldleben aufklären.

Untersuchungsmethodik.

Die Untersuchung der Bodenprotozoen ist bekanntlich dermalen noch mit ziemlich bedeutenden Schwierigkeiten verbunden. Sie leben ja eng verbunden mit den Bodenteilchen. Es ist daher äusserst schwierig sie auf den Beobachtungstisch des Mikroskopes zu bringen. Die direkte Beobachtung wird nämlich meistens sehr erschwert durch den Umstand, dass die geringsten physikalischen und chemischen Änderungen, die ja bei der direkten Beobachtung unvermeidlich sind sehr rasch ihr Absterben herbeiführen. Und falls sie nicht absterben, so vollziehen sie sehr rasch den bekannten Encystierungprozess, wodurch sie und ihre Lebensvorgänge der direkten Beobachtung wieder ziemlich rasch entzogen werden.

Wir haben nach kritischer und praktischer Prüfung der Frage, die Verdünnungsmethode als unserem Zwecke am besten entsprechendes Verfahren gewählt. Dieses Verfahren, welches namentlich von Cutler sehr gut ausgearbeitet wurde, ist in der Literatur allgemein bekannt, so dass wier hier nur einen kur-

zen Abriss des Verfahrens geben und im Übrigen auf die einschlägige Literatur verweisen:

Wir haben im Walde nach Entfernung der Bodendecke die Erdproben aus verschiedenen Teilen gesammelt, vorsichtig durchgemischt, in sterilen Gläsern in das Laboratorium gebracht. Von dieser Erde haben wir ein bestimmtes Quantum im sterilen, destillierten Wasser successive der Verdünnung unterworfem, nachdem die Probe mit einer 3 mm Siebe wieder vorsichtig durchgesiebt wurde. Dass hier vorsichtig und steril gearbeitet wurde, braucht vielleicht nicht besonders erwähnt zu werden.

Von der so behandelten Probe haben wir 10 gr unmittelbar der Verdünnung unterworfen, ein anderes Quantum von der gleichen Gewichtsmenge hatten wir durch eine Nacht mit 2%-igen Salzsäure behandelt. Die erste Probe gibt bekanntlich die Gesamtzahl der Bodenprotozoen, die zweite die Zahl der Cysten. Der Unterschied der beiden Resultate gibt nun die Anzahl der aktiven Protozoen.

Die Verdünnungen wurden wie folgt dargestellt: (III.)

Nr.										
1.	10 gramm	Erde				in	100 cm³	H_2O =	1 : 10	Verdünnung
2.	10 cm³	von der	Verdünnung	Nr.	1	«	90 cm³	H_2O =	1 : 100	«
3.	10 «	«	«	«	2	«	90 «	H_2O =	1 : 1000	«
4.	20 «	«	«	«	3	«	30 «	H_2O =	1 : 2500	«
5.	20 «	«	«	«	4	«	20 «	H_2O =	1 : 5000	«
6.	30 «	«	«	«	5	«	15 «	H_2O =	1 : 7500	«
7.	30 «	«	«	«	6	«	10 «	H_2O =	1 : 10000	«
8.	20 «	«	«	«	7	«	30 «	H_2O =	1 : 25000	«
9.	20 «	«	«	«	8	«	20 «	H_2O =	1 : 50000	«
10.	30 «	«	«	«	9	«	15 «	H_2O =	1 : 75000	«
11.	30 «	«	«	«	10	«	10 «	H_2O =	1 : 100000	«

Die Reinzucht erfolgte in Petri-Schalen auf Nähragar, die 28 Tage lang in Thermostaten, welche durch elektrische Heizung und Regulation auf 22° C gehalten wurde. Die Ablesungen erfolgten auf jedem 7., 14. und 21. Tage, und zwar direkt unter Mikroskop bei 1000-facher Vergrösserung. Da wir überall mit parallelen Reihen gearbeitet haben, so hat nun die Untersuchung einer Versuchsparzelle 44 Petri-Schalen erfordert und da wir gleichzeitig 4 Versuchsfelder untersucht haben, so muss-

ten wir die mühsame und zeitraubende Arbeit der Durchmusterung von 176 Petri-Schalen leisten. Wir haben jede Waldparzelle monatlich einmal untersucht und infolgedessen mussten wir im Laufe des Jahres, abgesehen von den anderen Beobachtungen, 2112 Petri-Schalen untersuchen.

Wir sind dessen vollkommen bewusst, dass das Verfahren von CUTLER keinen Anspruch auf Vollkommenheit erheben kann. Das Verfahren hat ja viele Mängel. So ist zum Beispiel der angewendete Nährboden sicherlich nicht für alle Arten gleichmässig günstig und ausserdem ist es ja auch nicht sicher, dass alle Cysten gegen die 2 %-ige *HCl* unbedingt resistenz sind. Aber trotz diesen mehrfachen Bedenken, haben wir im Mangel einer besseren Methode, diese gewählt, die ja dem Zwecke unserer Massenuntersuchungen doch am besten entsprochen hat. Wir wollten auch die bereits begonnenen Untersuchungen nicht durch einen Übergang auf eine andere Methode komplizieren und dadurch möglichst zwischen den gleichen Fehlergrenzen verweilen zu können.

Bei der weiteren Untersuchungen, die wir noch im Gange zu setzen beabsichtigen, werden wir wahrscheinlich diese Methode gewissermassen abändern, oder mindestens ergänzen. Unsere bisherigen Resultate sind aber alle ausnahmslos mit dieser Methode vermittelt worden.

Die in Tabellen mitgeteilten Protozoen-Zahlen beziehen sich daher alle ohne Unterschied auf ein Gramm feuchte Erde.

Bei unseren Untersuchungen haben wir noch die folgende organische und anorganische Faktoren quantitative gemessen:

1. Die Gesamtzahl der Bodenbakterien, wobei die Resultate der Gelatine- und Agarplatten, bei den letzteren die aerobe und anærobe getrennt, zusammengezählt wurden. (IV.)
2. Die Bodenpilze wurden nach einer Methode von WAKSMAN bestimmt. (V.)
3. Die *ph*-Werte wurden elektrometrisch mit der Methode und Apparatur von MISLOWITZER ermittelt. (VI.)
4. Die Lufttemperatur,
5. der Barometerdruck und

6. Die Luftfeuchtigkeit wurden mit geeichten Registerapparaten gemessen.

7. Die Lichtintensität wurde mit einem Photometer nach EDER-HECHT gemessen und in BUNSEN-ROSCOE-Einheiten berechnet. (VII.)

8. Der Humusgehalt wurde mit Kaliumbichromat bestimmt. (VIII.)

9. Die Wasserkapazität (IX.) und

10. die Porosität (IX.) der Boden wurden nach dem von WIESMANN empfohlenen Methoden bestimmt und berechnet.

Kurze Beschreibung der Versuchswälder.

1. Fichtenwald im botanischen Garten der Hochschule.

Alter 50 Jahre, auf Lehmboden, mit reichlichen Bodenpflanzen.

Bodenpflanzen: Ligustrum vulgare L., Sambucus nigra L., Berberis vulgaris L., Hedera helix L., Rubus idæus L., Galeopsis pubescens Bess., Viola silvestris Lam., Lysimachia nummularia L., Brachypodium silvaticum (Huds) R. et Sch., Ajuga reptans L., Fragaria vesca L., Epilobium montanum L., Convallaria majalis L., Mnium undulatum (L) Neck., Fissidens taxifolius.

Die Resultate der Untersuchungen zeigen Graphikon Nr. 1. und Tabelle Nr. I.

2. Fichtenwald in Ágfalva. Forstverwaltung der Hochschule.

Betriebsklasse J. Glied I. Waldparzelle 12. Standortsklasse II. Höhe 400 m ü. d. M. Frischer, sandiger Lehmboden, liegt auf Schotter. Alter 24 Jahre. Bestandesschluss 1·0. Besteht aus 0·5 Fichte (Picea excelsa) Lam. et Dc. (Lk.), 0·1 Schwarzkiefer (Pinus nugra Arn.), 0·1 Lärche (Larix decidua Mill.), 0·3 Weissbuche (Carpinus betulus L.) und Pappel (Populus tremula L.).

Bodenpflanzen: Corylus avellana L., Cyclamen europæum L., Brachypodium sylvaticum (Huds) R. et Sch., Viola silvestris Lam., Convallaria majalis L. und Moose.

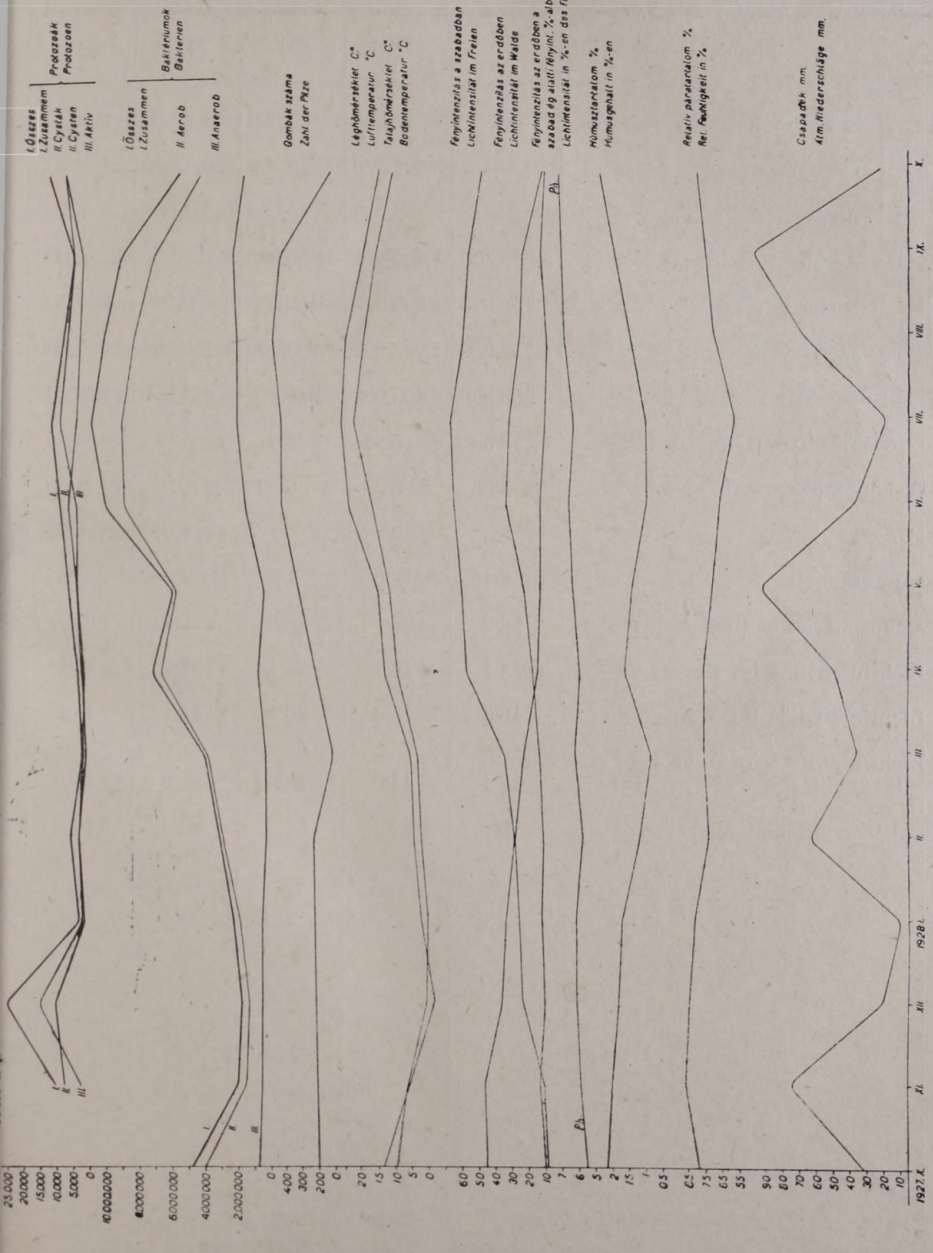


Fig. 1.*

* Es ist eine Lupe zu gebrauchen.

Tabelle I.

	Monat	X.	XI.	XII.	I.	II.
1.	Protozoen: Zusammen	—	10,000	25,000	2,500	5,000
2.	Protozoen: Cysten	—	7,500	10,000	1,000	2,500
3.	Protozoen: Aktiv	—	2,500	15,000	1,500	2,500
4.	Bakterien: Aerob	4.000,000	1.490,000	1.250,000	1.750,000	2.790,000
5.	Bakterien: Anaerob	750,000	500,000	450,000	400,000	200,000
6.	Bakterien: Zusammen	4.750,000	1.990,000	1.700,000	2.150,000	2.990,000
7.	Zahl der Pilze	200,000	205,000	210,000	214,000	220,000
	Lufttemperatur C°	13·56	5·87	—2·24	1·81	3·85
	Bodentemperatur C°	9·53	6·23	0·39	—0·05	1·80
	Ph.	5·5	5·9	6·1	6·08	5·74
	Humusgehalt %	2·15	2·0	1·8	1·7	1·2
	Atmosphärische Niederschläge	32·2	75·7	20·3	9·7	63·7
	Lichtintensität im Freien	45·1	46·7	36·1	33·9	28·2
	Lichtintensität im Walde	10·0	13·6	10·4	12·1	11·1
	Lichtintensität in %-en des Freilandlichtes	8·4	11·0	23·9	25·9	28·1
	Rel. Feuchtigkeit in %	79	87	85	82	74

1—7. pro gramm feuchter Erde.

Fichtenwald an der Hochschule.

III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	Jahres-mittel
1,000	2,500	5,000	7,500	10,000	6,300	2,500	10,000	7,275
1,000	1,000	2,500	2,500	7,500	5,000	2,500	5,000	4,000
—	1,500	2,500	5,000	2,500	1,300	—	5,000	3,930
3.670,000	6.460,000	5.450,000	8.600,000	8.770,000	8.000,000	6.700,000	3.800,000	4.825,000
200,000	500,000	200,000	1.300,000	1.800,000	1.800,000	2.000,000	1.300,000	877,000
3.870,000	6.960,000	5.650,000	9.900,000	10.570,000	9.800,000	8.700,000	5.100,000	5.687,300
100,000	200,000	300,000	400,000	400,000	450,000	400,000	100,000	261,530
4·96	12·27	14·29	22·75	25·16	23·76	18·39	14·01	12·18
2·85	8·49	10·72	15·95	21·27	18·20	14·67	10·00	9·22
6·20	5·94	6·31	6·52	6·23	6·74	6·9	7·04	6·24
0·87	1·63	1·40	0·96	0·97	1·9	2·35	2·83	1·67
34·5	48·4	93·0	36·4	17·9	67·0	96·3	19·6	47·3
34·9	57·0	59·5	63·8	65·1	58·0	54·4	46·9	48·42
13·7	17·6	22·8	32·4	30·8	24·0	22·0	11·2	17·82
23·2	14·5	12·8	12·6	9·3	8·3	11·4	9·6	15·30
77	77	72	67	58	70	74	76	75·22

Die Resultate der Untersuchungen zeigen Graphikon N. 2. und Tabelle Nr. II.

3. Unterbauter Niederwald in Ágfalva, Forstverwaltung der Hochschule.

Betriebsklasse H. Glied II. Waldparzelle 22. Standortsklasse II. Fläche 1 kat. Joch. Alter 7 Jahre. Höhe 360 m ü. d. M. Frischer, sandiger Lehmboden, Untergrund an dem nordlichen Teil Schotter und an dem südlichen Teil Schiefer und Gneis. Besteht aus 0·7 Fichte (Picea excelsa) Lam. et Dc. (Lk.), 0·3 Tanne (Abies alba Mill.), 0·1 Lärche (Larix decidua Mill.) Den Niederwald bilden Sprossen von Carpinus betulus, zerstreut einige Castanea sativa Mill. und Fagus silvatica L.

Bodenpflanzen: Corylus avellana L., Genista germanica L., Genista pilosa L., Vaccinium myrtillus L., Luzula nemorosa (Pohl) E. Mey., Festuca ovina L., Calamagrostis epigeios (L.) Roth, Convallaria majalis L., Galium silvaticum L., Fragaria vesca L., Cyclamen europæum L., Stellaria holostea, Asperula odorata L., Epilobium montanum L., Campanula persicifolia L., Campanula glomerata L., Melampyrum pratense L., Melampyrum nemorosum L., Peltigera canina.

Die Resultate der Untersuchungen zeigen Graphikon Nr. 3. und Tabelle III.

4. Fichtenwald bei Sopron am Varis.

Alter 49 Jahre. Lehmboden auf Gneis, Höhe 250—260 m ü. d. M. Besteht aus 0·7 Fichte (Picea excelsa) Lam. et Dc. (Lk.), 0·3 Lärche (Larix decidua Mill.). In der Nähe unserer Arbeitsplatz haben wir folgende Moose gefunden: Scleropodium purum (L.) Limbr., Mnium undulatum (L.,) Neck., Mnium punctatum (L.) Reich.

Die Resultate der Untersuchungen zeigen Graphikon 4. und Tabelle Nr. IV.

Bei dieser Versuchsparzelle haben wir wegen Zeitmangel nur die Bodenprotozoen und die wichtigsten Klimafaktoren gemessen.

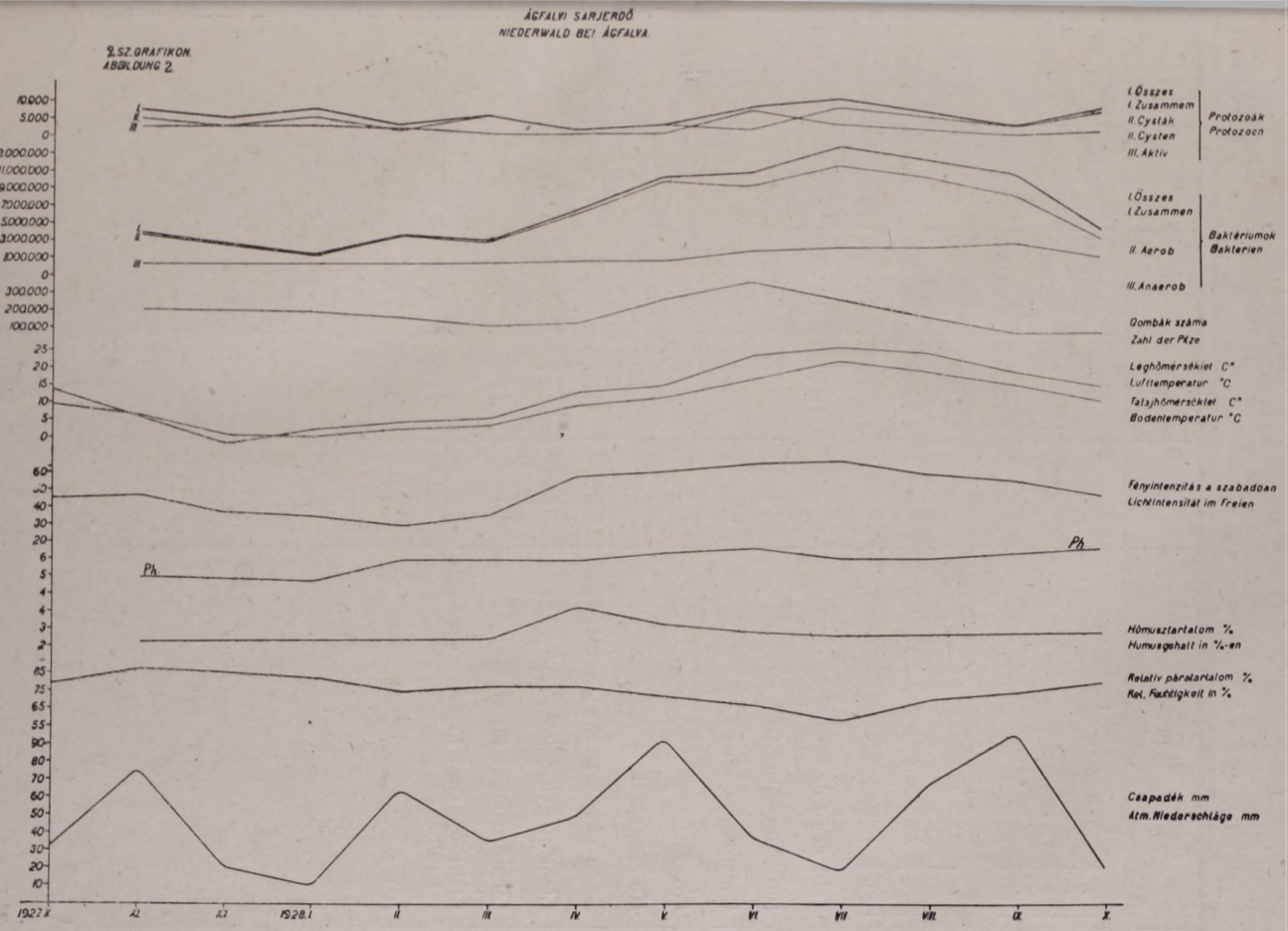


Fig. 2.*

* Es ist eine Lupe zu gebrauchen.

Tabelle II.

	Monat	X.	XI.	XII.	I.	II.
1.	Protozoen: Zusammen	—	10,000	50,000	2,500	1,000
2.	Protozoen: Cysten	—	7,500	25,000	1,000	1,000
3.	Protozoen: Aktiv	—	2,500	25,000	1,500	—
4.	Bakterien: Aerob	—	3.200,000	2.300,000	960,000	3.250,000
5.	Bakterien: Anaerob	—	2.000,000	540,000	160,000	600,000
6.	Bakterien: Zusammen	—	5.200,000	2.840,000	1.120,000	3.850,000
7.	Zahl der Pilze	—	180,000	140,000	245,000	350,000
	Lufttemperatur C°	+13·56	+ 5·87	—2·24	+1·81	+3·85
	Bodentemperatur C°	9·53	6·23	+0·39	—0·05	+1·8
	Ph.	—	5·2	5·50	5·80	6·12
	Humusgehalt %	—	4·0	3·2	2·7	2·4
	Atmosphärische Niederschläge mm	32·7	75·7	20·3	9·70	63·70
	Lichtintensität im Freien	45·1	46·7	36·1	33·9	28·2
	Lichtintensität im Walde	10·0	13·6	10·4	12·1	11·1
	Lichtintensität in %-en des Freilandlichtes	8·4	11·0	23·9	25·9	28·1
	Rel. Feuchtigkeit in %	79	87	85	82	74

1—7. pro gramm feuchter Erde.

Fichtenwald bei Ágfalva.

III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	Jahres-mittel
2,500	5,000	5,000	10,000	5,000	5,000	5,000	7,500	9,042
1,000	2,500	2,500	2,500	2,500	1,500	1,000	2,500	3,885
1,500	2,500	2,500	7,500	2,500	3,500	4,000	5,000	5,227
1.700,000	3.500,000	7.400,000	8.800,000	9.300,000	8.150,000	7.000,000	4.100,000	4.971,666
250,000	—	2.800,000	1.250,000	1.500,000	950,000	400,000	1.350,000	1.072,727
1.950,000	3.500,000	10.200,000	10.050,000	10.800,000	9.100,000	7.400,000	4.450,000	5·888,333
250,000	400,000	360,000	400,000	200,000	225,000	250,000	120,000	260,000
4·96	12·27	14·29	22·75	25·16	23·76	18·39	14·01	12·18
+2·85	8·49	10·72	15·95	21·27	18·20	14·67	10·00	9·22
5·80	6·34	6·23	6·80	6·34	6·32	6·35	6·72	6·12
1·32	2·81	1·97	2·13	4·08	3·55	3·04	2·53	2·81
34·50	48·40	93·00	36·40	17·90	67·00	96·30	19·6	47·3
34·9	57·0	59·5	63·8·	65·1	58·0	54·4	46·9	48·42
13·7	17·6	22·8	32·4	30·8	24·0	22·0	11·2	17·82
23·2	14·5	12·8	12·6	9·3	8·3	11·4	9·6	15·30
77	77	72	67	58	70	74	76	7[illegible]

Die Besprechung der Resultate.

A) Biologischer Teil.

Wie die Graphikone und die mitgeteilten Tabellen übereinstimmend zeigen, wird die maximale Protozoenzahl in dem Waldboden im Spätherbst, beziehungsweise im Anfang des Winters erreicht. Diese Zahl erfährt sodann ein allmählige Verringerung und steigt im Sommer wieder an, um ihr zweites Maximum im Laufe des Hochsommers zu erreichen. Dieses letztere ist jedoch bedeutend geringer, als das erste Maximum. Es ist sehr interessant, dass das Maximum der Protozoenzahl mit dem Minimum der Bakterienzahl zusammenfällt. Dann verläuft die Protozoenkurve mit der Bakterienkurve annähernd parallel, um ihr zweites Maximum im Sommer fast gleichzeitig zu erreichen.

Sämtliche Graphikone und Tabellen zeigen eine auffallende Kongruenz zwischen Bakterienzahl einerseits und der Boden- und Lufttemperatur anderseits. Den gleichen Zusammenhang bemerkt man auch, wenn man die Werte der Lichtintensität näher betrachtet. Diese drei Faktoren representieren die Wirkung der Sonnenenergie und es kann zweifellos behauptet werden, dass diese Energie im Leben der Bodenbakterien bei der Entfaltung ihres Wachstums und ihrer Lebenstätigkeit eine ausschlaggebende Rolle spielt.

Mit der Änderung dieser Klimafaktoren ändert sich auch fast parallel die Anzahl der Bakterien. Ihre Maxima und Minima fallen fast vollkommen zusammen.

Im Gegensatz zu diesen Erscheinungen erreichen nun die Protozoen ihr Maximum gerade in der Zeit, wenn die Temperatur und Lichtintensität sich in Minimum befinden. Auf Grund unserer bisherigen Untersuchungen können wir dieses Verhalten der Bodenprotozoen noch nicht genügend erklären. Wir möchten nur die Vermutung aussprechen, dass wahrscheinlich diese Erscheinung durch einen derzeit noch unbekannten Zusammenhang der organischen und unorganischen Umweltfaktoren verursacht wird, welcher, infolge der Umstände, eben im Herbst zu Tage tritt.

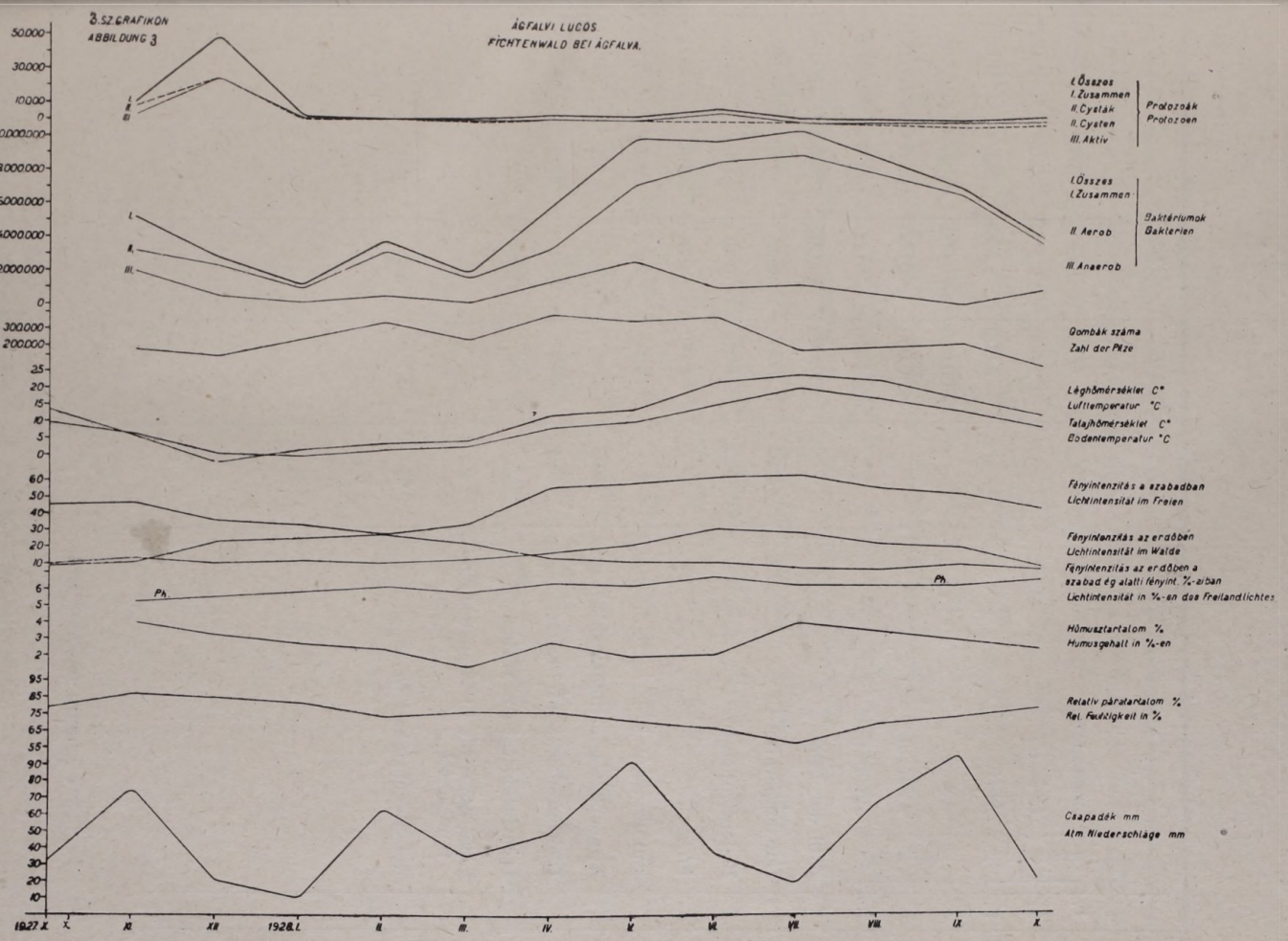


Fig. 3.*

* Es ist eine Lupe zu gebrauchen.

Tabelle III.

	Monat	X.	XI.	XII.	I.	II.
1.	Protozoen: Zusammen	—	7,500	5,000	7,500	2,500
2.	Protozoen: Cysten	—	2,500	2,500	5,000	1,000
3.	Protozoen: Aktiv	—	5,000	2,500	2,500	1,500
4.	Bakterien: Aerob	—	3.600,000	2.300,000	1.050,000	3.162,500
5.	Bakterien: Anaerob	—	200,000	170,000	100,000	120,000
6.	Bakterien: Zusammen	—	3.800,000	2.470,000	1.150,000	3.282,500
7.	Zahl der Pilze	—	200,000	180,000	160,000	150,000
	Lufttemperatur C°	13·56	5·87	—2·24	1·81	3·85
	Bodentemperatur C°	9·53	6·23	0·39	—0·05	1·80
	Ph.	—	4·90	4·75	4·61	5·79
	Humusgehalt %	—	2·2	2·2	2·25	2·80
	Atmosphärische Niederschläge mm	32·2	75·7	20·3	9·7	63·7
	Lichtintensität im Freien	45·1	46·7	36·1	33·9	28·2
	Lichtintensität im Walde	—	—	—	—	—
	Lichtintensität in %-en des Freilandlichtes	—	—	—	—	—
	Rel. Feuchtigkeit in %	79	87	85	82	74

1—7. pro gramm feuchter Erde.

Niederwald bei Ágfalva.

III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	Jahres-mittel
5,000	1,000	2,500	7,500	10,000	6,200	2,500	7,500	5,375
5,000	1,000	2,500	1,000	7,500	5,000	2,500	1,000	3,041
—	—	—	6,500	2,500	1,200	—	6,500	3,525
2.640,000	5.800,000	9.550,000	8.930,000	11.300,000	10.000,000	8.000,000	3.100,000	5.786,710
200,000	350,000	400,000	1.500,000	1.900,000	2.000,000	2.500,000	1.000,000	870,000
2.840,000	6.150,000	9.950,000	10.430,000	13.200,000	12.000,000	10.500,000	4.100,000	6.656,000
100,000	110,000	250,000	350,000	250,000	150,000	60,000	70,000	169,166
4·96	12·27	14·29	22·75	25·16	23·76	18·39	14·01	12·18
2·85	8·49	10·72	15·95	21·27	18·20	14·67	10·00	9·22
5·81	5·76	6·20	6·45	5·90	5·94	6·24	6·58	5·74
2·03	4·17	3·16	2·73	2·52	2·61	2·7	2·81	2·68
34·5	48·4	93·0	36·4	17·9	67·0	96·3	19·6	47·3
34·9	57·0	59·5	63·8	65·1	58·0	54·4	46·9	48·42
—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—
77	77	72	67	58	70	74	76	75·22

Das ist zweifellos, dass die grössere Niederschlagsmenge im Herbst hier eine ausschlaggebende Rolle spielt. Die Protozoen bedürfen ja für ihre Lebenstätigkeit der erhöhten Feuchtigkeit des Bodens. Zu diesem Behufe ist die Witterung im Herbst besonders günstig und geeignet, da infolge der kürzeren Tage und der geringeren Sonnenwirkung die Verdünstung bei minderen Werten bleibt. Es kann daher die günstige Wirkung der abgefallenen Niederschlagsmengen länger bestehen. Erst die in den Wintermonaten auftretenden niederen Temperaturen üben dann eine hemmende Wirkung aus, so dass die Protozoenzahl allmählich geringer wird.

Das zweite Maximum wird wahrscheinlich, wie bei den Bakterien, durch die erhöhten Temperaturen verursacht. Dieses Maximum kann jedoch nicht ihre vollständige Entfaltung erreichen, da der Mangel an notwendiger Feuchtigkeit im Sommer ihrer Vermehrung bald einen Einhalt tut. Auf Grund unserer Beobachtungen glauben wir annehmen zu dürfen, dass die grössere Niederschlagsmenge, welche im Herbst in den Boden gelangt auf die Entwicklung der Protozoen äusserst günstig wirkt und nicht nur die Bedingungen der Vermehrung vergünstigt, sondern auch das Ausschlüpfen aus den Cysten verursacht. Es ist ja bekannt auf Grund der anabiosen Forschungen, dass sogar die höheren vielzelligen Organismen (Rotatoria, Tardigrada) nach 5—8 Stunden wieder zum neuen Leben erwachen. Es ist sicher, dass die encystierten Amoeben grösstenteils ebenfalls nicht längerer Zeit bedürfen, obwohl in vereinzelten Fällen, sogar bei günstigen Lebensbedingungen in den Petri-Schalen noch nach 6—7 Tagen Cysten gefunden werden.

Es ist charakteristisch, dass im Niederwald bei Ágfalva drei Maxima vorkommen; das erste im Jänner, das zweite im März und das dritte im Juli. Das Herbstmaximum ist hier nicht so ausgeprägt, wie in den anderen Beständen. Dieses abweichende Verhalten kann dadurch erklärt werden, dass dieser ganz junge Bestand, welcher nach einem starken Kahlschlag aufgeforstet wurde, den Boden noch nicht genügend beschirmen kann. Es wird daher der Windwirkung, namentlich in Herbst, in erhöhtem Masse ausgesetzt. Infolge der letzteren, wird nun die Feuch-

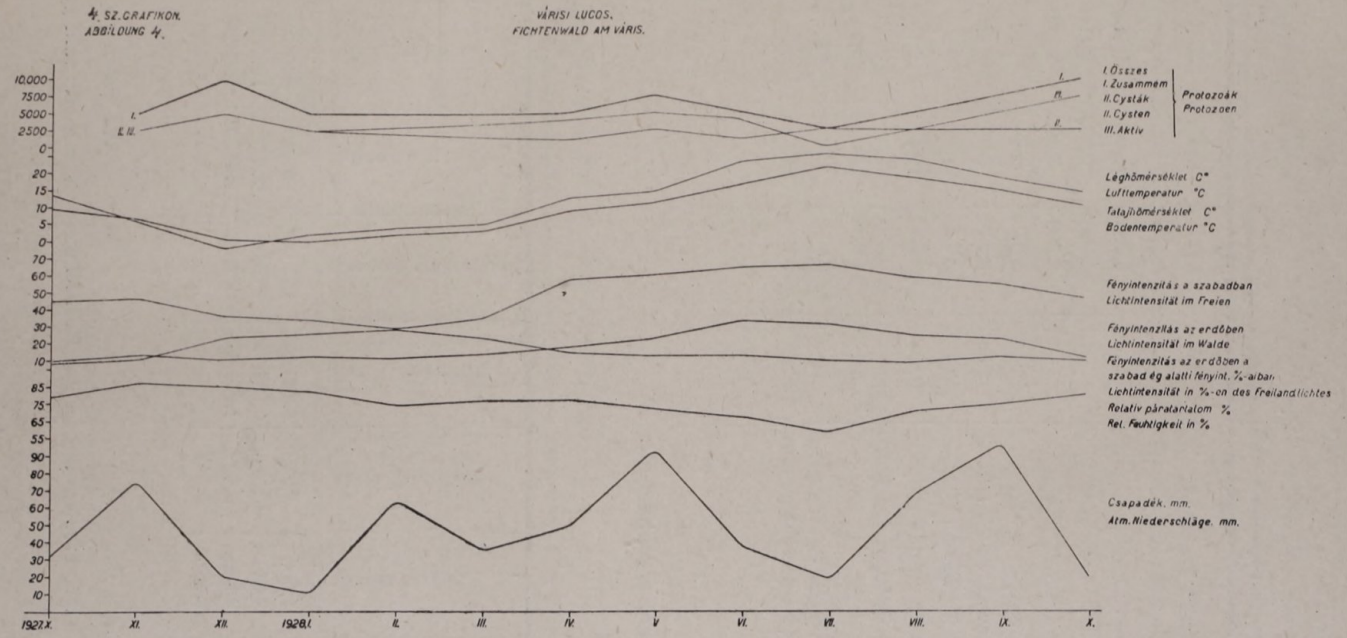


Fig. 4.*

* Es ist eine Lupe zu gebrauchen.

Tabelle IV.

	Monat	X.	XI.	XII.	I.	II.
1.	Protozoen: Zusammen		5,000	10,000	5,000	
2.	Protozoen: Cysten		2,500	5,000	2,500	
3.	Protozoen: Aktiv		2,500	5,000	2,500	
4.	Lufttemperatur C°	13·56	5·87	—2·24	1·81	3·85
5.	Bodentemperatur C°	9·53	6·23	0·39	—0·05	1·80
6.	Lichtintensität im Freien	45·1	46·7	36·1	33·9	28·2
7.	Lichtintensität im Walde	10·0	13·6	10·4	12·1	11·1
	Lichtintensität in %-en des Freilandlichtes	8·4	11·0	23·9	25·9	28·1
	Rel. Feuchtigkeit in %	79	87	85	82	74
	Atmosphärische Niederschläge mm	32·2	75·7	20·3	9·7	63·7

1—3. pro gramm feuchter Erde.

Tabelle V.

	Zusammen Protozoen	Cysten	Aktiv Protozoen	Aerob Bakterien	Anaerob Bakterien	Zusammen	Zahl der Pilze	Lufttemperatur C°
F.	7,275	4,000	3,930	4.825,000	877,000	5.687,300	261,530	12·18
S.	5,375	3,041	3,525	5.786,710	870,000	6.656,000	169,166	12·18
L.	9,042	3,885	5,227	4.971,666	1.072,727	5.888,333	260,000	12·18
V.	6,250	2,438	4,357	—	—	—	—	12·18

Alle Daten pro 1 gramm

F = Fichtenwald an der Hochschule. S = Niederwald bei Ágfalva.

MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA KÖNYVTÁRA

Fichtenwald bei Váris.

III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	Jahres-mittel
	5,000	7,500	5,000	2,500			10,000	6,250
	1,000	2,500	1,000	2,500			2,500	2,438
	4,000	5,000	4,000	—			7,500	4,357
4·96	12·27	14·29	22·75	25·16	23·76	18·39	14·01	12·18
2·85	8·49	10·72	15·95	21·27	18·20	14·67	10·00	9·22
34·9	57·0	59·5	63·8	65·1	58·0	54·4	46·9	48·42
13·7	17·6	22·8	32·4	30·8	24·0	22·0	11·2	17·82
23·2	14·5	12·8	12·6	9·3	8·3	11·4	9·6	15·30
77	77	72	67	58	70	74	76	75·22
34·5	48·4	93·0	36·4	17·9	67·0	96·3	19·6	47·3

Vergleichende Tabelle in Jahresmittelwerten.

Bodentemperatur C°	*Ph.*	Humusgehalt %	Atmosphärische Niederschläge mm	Lichtintensität im Freien	Lichtintensität im Walde	Lichtintensität in %-en des Freilandlichtes	Rel. Feuchtigkeit in %
9·22	6·24	1·67	47·3	48·42	17·82	15·30	75·22
9·22	5·74	2·68	47·3	48·42	—	—	75·22
9·22	6·12	2·81	47·3	48·42	17·82	15·30	75·22
9·22	—	—	47·3	48·42	17·82	15·30	75·22

feuchter Erde.

L = Fichtenwald bei Ágfalva. V = Fichtenwald bei Váris.

tigkeit des Bodens recht stark beeinflusst und grossen Änderungen unterworfen. Die Protozoenzahl hängt daher sehr stark auch mit dem Waldtyp zusammen. Das Spätherbst-Maximum kann dacher ausgeprägt nur bei den älteren Beständen nachgewiesen werden.

Auch sollte man nicht vergessen, dass im Spätherbst die Verdünstung durch die Baumkronen ebenfalls ihre minimale Werte erreicht. Dieser Umstand trägt daher auch zur Erhaltung des günstigen Feuchtigkeitsgehaltes des Waldbodens bei. Der herbstliche Laubfall ist wahrscheinlich ebenfalls nicht ohne Wirkung, da dadurch dem Boden reichlich Nährstoffe zugeführt werden. Es ist daher sehr warhscheinlich, dass diese Umstände in der ersten Reihe das Maximum der Protozoenzahl und das Optimum ihrer Lebenstätigkeit herbeiführen.

Es ist auffallend, dass die Luft- und Bodentemperatur von verhältnismässig geringer Wirkung sind. Aus den Diagrammen können wir ohne weiteres entnehmen, dass die Höchstzahl der Protozoen gerade bei der niedrigsten Bodentemperatur erreicht wird. Dagegen in den warmen Frühjahrs-, Sommer- und Frühherbstmonaten sich ihre Anzahl nur unwesentlich erhöht hat.

Auf Grund dieser Untersuchungen konnten wir einen bestimmten Zusammenhang zwischen dem Bakteriengehalt des Bodens und der Protozoen-Fauna nicht vermitteln. Bei der Beurteilung dieser Frage möchten wir unsere Ansichten nur auf Grund der tatsächlichen Resultate unserer Untersuchungen aussprechen. Die Daten zeigen jedoch, dass wenigstens auf Grund unserer Resultaten zwischen dem Protozoengehalt einerseits und dem Bakteriengehalt anderseits kein unmittelbarer Zusammenhang nachgewiesen werden kann.

Das Bakterienleben im Waldboden steht nämlich in direktem Zusammenhange mit den Temperatur- und Lichtintesitätsfaktoren. Diese Gesetzmässigkeit zeigt sich vollkommen klar bei allen untersuchten Waldtypen. Diese Regel gilt auch für die Entwicklung der Pilzflora. *Dagegen können wir auf Grund der dargestellten Untersuchungsergebnisse wohl aussprechen, dass die Entwicklung der Protozoen-Fauna ziemlich unabhänglich von der Lebenstätigkeit der Bakteriumflora erfolgt.*

Nach unserer Ansicht können wir weder der Auffassung der amerikanischen, noch der Auffassung der englischen Forscher vollständig recht geben.

Wir sind vielmehr der Ansicht, dass bei Untersuchung der verschiedenen Biotopen womöglich sämtliche Umweltfaktoren untersucht und in Betracht gezogen werden müssen. Beschränkt man sich nur auf einige Faktoren, so kann man sicherlich kein befriedigendes Resultat bekommen.

Mann muss auch die Beobachtungen durch längere Perioden fortsetzen um brauchbare Resultate bekommen zu können. Es sind viele Umweltfaktoren, die sich während kurzer Beobachtungsperioden nur zwischen engen Grenzen bewegen, so dass ihre Wirkung sich nicht bemerkbar machen kann. Solche Faktoren sind zum Beipsiel: die Boden- un Lufttemperatur, Feuchtigkeitsgehalt, atmosphärische Niederschläge u. s. w.

Wir konnten in zahlreichen Fällen beobachten, dass die wichtigen Bodenamoeben sich nicht nur mit Bodenbakterien ernähren, sondern für ihre Nahrung andere organische Substanzen des Bodens benützen. Wir konnten sogar in einigen Fällen auch den Kannibalismus der Amoeben beobachten. So hat zum Beispiel vor unseren Augen in einigen Fällen die *Amoeba terricola Ehrbg.* eine kleinere *Amoeba limax Duj.* einverleibt, obwohl sie in den Nährboden von zahlreichen Bakterien umgeben war. Das gleiche haben wir auch zwischen *Amoeba sphaeronucleolus Greeff.* und *Amoeba radiosa Ehrbg.* beobachtet, wobei die letztere vernichtet wurde.

Die *ph* Werte der Böden unserer Waldtypen waren nur mässig sauer. Infolgedessen haben die *ph* Werte genau so, wie diese Erscheinung bereits durch Fehér (I.) registriert wurde, keine besondere Wirkung auf die Lebensbedingungen der Protozoen-Fauna ausgeübt. Sie sind wahrscheinlich der mässig sauren Waldboden gut angepasst.

Der Humusgehalt des Waldbodens erreicht seine minimale Werte infolge der erhöhten Bakteriumtätigkeit in den Sommermonaten und zeigt im Laufe des Herbstes eine ständige Zunahme. Es konnte ein unmittelbarer Zusammenhang zwischen Humusgehalt und Protozoen-Fauna ebenfalls nicht ermittelt werden.

B) **Forstwirtschaftlicher Teil.**

Wie die letzten Untersuchungen von FEHÉR (I.) gezeigt haben, so bekommt die Bakteriumtätigkeit des Waldbodens bei vielen Lebensvorgängen der Waldbestände eine erhöhte Bedeutung. Namentlich bei der Kohlenstoffernährung des Waldes und bei dem Nitrogenstoffwechsel des Waldbodens spielen sie eine ganz besonders wichtige Rolle.

Eine derart wichtige Bedeutung konnten diese Untersuchungen bezüglich der Bodenprotozoen nicht nachweisen. Es ist wahrscheinlich, dass sie zu der CO_2-Atmung des Waldbodens ihrerseits ebenfalls beitragen und auch beim Verwesen ihrer Körper den N-Gehalt des Waldbodens bereichern. Wir konnten jedoch im Laufe dieser Untersuchungen feststellen, dass im Verhältnis zu der ganz hervorragenden Tätigkeit der Bodenbakterien auf diesem Gebiet die Wirkung der Bodenprotozoen von ganz untergeordneter Bedeutung ist.

Gerade in der Zeit, wenn die Bodenprotozoen ihr Optimum erreichen, hat die Bodenatmung ihre minimale Werte und in den Sommermonaten, wo die Bodenatmung ihre höchste Werte erreicht, befinden sich die Protozoen zwischen minimalen Werten. Sogar, wie unsere Beobachtungen zeigen, gerade in den Sommermonaten verweilen die Protozoen grösstenteils in encystiertem Zustande. Ihre wirtschaftliche Rolle ist nach unserer Ansicht in den landwirtschaftlich bearbeiteten Böden, wo sie auch in grösserer Anzahl vorzufinden sind, viel bedeutender.

Anderseits aber konnten wir auch keine schädliche Wirkung der Protozoen auf den Bakteriumgehalt nachweisen. Allerdings ernähren sie sich hauptsächlich mit Bakterien aber in Anbetracht ihrer geringer Anzahl, dürften sie wohl keinen warnehmbaren Schaden anrichten. Und dieser Schaden wird wahrscheinlich auch, wenigstens teilweise, durch ihre, in den vorstehenden bereits geschilderte physiologische Tätigket in der CO_2- und N-Ernährung des Waldes paralysiert.

Wie unsere Untersuchungen auch gezeigt haben und bereits erwähnt wurde, so wirkt der Kahlschlagbetrieb recht ungünstig auf die Entwickelung der Protozoen-Fauna. Bei den freigelegten,

grossen und offenen Kahlschlagsflächen wird der Boden nur ungenügend beschirmt. Infolgedessen kommen hier die schädliche Wirkung der Winde, des scharfen Temperaturwechsels und des direkten Sonnenlichtes in erhöhten Massen zur Geltung. Dadurch können die Protozoen im Verhältnis zu der Protozoen-Fauna der geschlossenen Bestände sich nur schlecht entwickeln. In dieser Beziehung zeigen sie mit der Entwickelung der Bakterium-Flora ein gleiches Verhalten.

Es ist auffalend, dass bei dem Niederwald in Ágfalva, der ja für den Kahlschlagbetrieb ein typisches Beispiel darstellt, oft Monate hindurch keine aktive Protozoen nachgewiesen werden konnten. Ihre Anzahl war in den Monaten September und Juli die gleiche. Im Juli kam die Temperaturwirkung zur Geltung, im September der günstige Einfluss der erhöhten und gleichmässigen Bodenfeuchtigkeit, so dass die Protozoen aus den Cysten herausschlüpfen konnten. Auch dieser Umstand beweist die wohltuende Wirkung der gleichmässigen Bodenfeuchtigkeit im Leben der Bodenprotozoen.

C) Systematischer Teil.

Die Artenverteilung nach dem Zeitpunkt des Vorkommens geordnet, zeigt Tabelle Nr. VI. Hier sind auch jene Fälle aufgezählt, welche sich nur auf ein einmaliges Vorkommen der betreffenden Art beziehen. Es sind gewisse Arten, welche das ganze Jahr hindurch in den Kulturen aufzufinden sind. Dagegen sind viele Spezies, welche nur in bestimmten Jahreszeiten vorkommen. Bemerkenswert ist, dass ausser diesen Jahreszeiten nicht einmal die Cysten dieser Arten zum Entschlüpfen zu bringen waren. Hier handelt sich wahrscheinlich um Dauercysten, welche nur in gewissen Jahreszeiten zum Leben erwachen.

Wie die Tabelle Nr. VI zeigt, spielen die wichtigste Rolle im Waldboden die Amoeben. Wir konnten 10 Arten bestimmen. Das geringste Vorkommen zeigen dagegen die Mastigophoren. Auffallend ist das Auftreten der *Amoeba lucens Frenzel*, die gewöhnlich im Boden nicht vorzukommen pflegen. Das Auftreten der *Amoeba*

Tabelle VI.

Die Verteilung der untersuchten Protozoen-

Nummer	Ordo	Protozoa-Arten	Monate		
			Nov.	Dec.	Jänner
1.	Mastigophora	Bodo caudatus Duj.	F.L.S.V.	F.L.S.V.	F.V.
2.		Cercomonas crassicauda Alexejeff	—	—	—
3.		Mastigamoeba limax Moroff	—	—	S.
4.		Monas guttula Ehrbg.	F.V.	V.	S.V.
5.	Rhizopoda	Amoeba cucumis Gläser	F.L.S.V.	F.L.S.V.	F.L.S.V.
6.		« diploidea Hartm. & Neger	S.	S.	—
7.		« guttula Duj.	F.L.S.V.	F.L.S.V.	F.L.S.V.
8.		« horticola Nägler	—	—	—
9.		« limax Duj.	F.L.S.V.	F.L.S.V.	F.L.S.V.
10.		« lucens Frenzel	—	—	—
11.		« radiosa Ehrbg.	—	—	—
12.		« sphaeronucleolus Greeff	F.L.S.V.	F.L.S.	—
13.		« terricola Ehrbg.	F.L.S.V.	F.L.S.V.	F.L.S.
14.		« velata Parona	—	—	—
15.		Arcella vulgaris Ehrbg.	F.L.S.V.	F.L.S.V.	F.L.S.V.
16.		Difflugia globulosa Ehrbg.	F.L.S.V.	F.L.S.	F.L.S.
17.		« lucida Pénard	F.L.S.V.	F.L.S.	F.L.S.
18.		Euglypha tuberculata Duj.	—	—	—
19.		« sp.?	—	—	—
20.		Geococcus vulgaris Francé	L.S.	S.	L.S.
21.		Parmulina obtecta Gruber	F.L.S.V.	F.L.S.V.	—
22.	Ciliata	Balantiophorus elongatus Schew	F.S.	F.L.S.	F.L.
23.		Colpidium colpoda Stein	L.	L.	—
24.		Colpoda steini Maupas	F.L.S.V.	F.L.S.	F.L.S.
25.		Euplotes charon O. F. Müll.	F.	F.L.	—
26.		Glaucoma scintillans Ehrbg.	F.L.	F.L.	F.

F.=Fichtenwald im bot. Garten an der Hochschule. L.=Fichtenwald in Ágfalva.

Tabelle VI.

Arten nach Jahreszeiten und Waldtypen.

Monate								
Feber	März.	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.
F.V.	F.L.V.	V.	—	—	—	—	F.S.V.	F.L.S.V.
—	F.V.	F.L.S.V.	F.L.S.V.	F.L.V.	F.L.S.V.	—	—	—
F.V.	F.L.S.V.	S.V.	—	—	L.V.	—	—	L.S.
—	—	F.V.	F.S.V.	F.	—	—	—	—
F.L.S.V.	F.L.S.V.	F.S.V.	V.	—	—	—	—	F.S.
—	—	F.L.	—	—	—	—	F.L.S.	L.S.
F.L.S.V.	F.L.S.V.	F.L.S.V.	F.L.S.V.	F.L.S.V.	F.L.S.	—	F.	F.L.S.V.
—	F.	—	F.	F.	—	—	—	—
F.L.S.V.	F.L.S.V.	F.L.S.V.	F.L.S.V.	F.L.S.V.	F.L.S.V.	—	F.L.S.	F.L.S.V.
—	—	S.	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	V.
—	—	—	—	—	—	—	F.L.	F.L.S.V.
F.L.S.	F.L.S.V.	F.L.S.V.	F.L.S.V.	F.L.S.	F.L.	—	F.L.S.	F.L.S.V.
—	—	F.V.	F.L.S.	F.L.S.V.	F.L.	—	L.S.	—
F.L.S.	F.L.S.V.	F.L.S.V.	F.S.	F.S.	L.	—	F.L.S.	F.L.S.V.
F.L.S.V.	F.S.	F.S.	L.S.	F.L.S.V.	F.L.S.V.	—	F.L.S.	F.L.S.V.
F.L.S.	F.S.	F.L.S.V.	S.	S.	—	—	F.	F.L.S.V.
F.	F.L.	F.L.	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	S.	—
—	L.S.	L.	L.S.	—	—	—	—	L.S.
—	F.L.	F.L.S.	F.L.S.V.	F.L.S.V.	F.L.S.	—	F.L.S.	F.L.S.V.
F.S.	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	F.L.	S.	—	—	—	—	V.
F.L.S.V.	F.L.S.	F.S.	F.S.	S.	F.L.S.	—	F.L.	F.L.S.V.
—	—	—	—	—	—	—	F.	F.V.
—	—	—	—	—	—	—	S.	F.L.S.

S. = Niederwald in Ágfalva. V. = Fichtenwald am Váris bei Sopron.

horticola Nägler im Fichtenwald der Hochschule wird durch die Nähe der gärtnerisch bebauten Parzellen des botanischen Gartens genügend erklärt.

Zusammenfassung der Resultate.

1. Im Waldboden leben Protozoen in ziemlich grossen Anzahl, welch letztere jedoch im Verhältnis zu der Protozoen-Fauna der landwirtschaftlich bebauten Böden geringer ist.

2. Den grössten Teil der Protozoen-Fauna des Waldbodens bilden die Amoeben.

3. Die Protozoen des Waldbodens können mit der Verdünnungsmethode von CUTLER gut gezüchtet und nachgewiesen werden. Diese Methode liefert bei der quantitativen und qualitativen Untersuchung der Protozoen-Fauna befriedigende Resultate.

4. Die Protozoen des Waldbodens erreichen jährlich zwei Wachstums-Optima. Das eine im Spätherbst (Nov., Dez.), das andere am Anfang der Sommermonate. Dieses letztere ist jedoch vom geringeren Umfang, wie das vorherige.

5. In der Entwickelung der Protozoen-Fauna des Waldbodens spielt die Bodenfeuchtigkeit die wichtigste Rolle. Die anderen Umweltfaktoren (Bodentemperatur, Lufttemperatur, Humusgehalt, ph, Luftfeuchtigkeit) spielen eine untergeordnetere Rolle. Nur die ganz niedrige Temperature im Winter wirken ausgeprägt hemmend.

6. Auffallend ist das Fehlen der aktiven Formen in Sommermonaten.

7. Im Waldboden befindet sich die grösste Anzahl der Protozoen in encystiertem Zustande.

8. Im Waldboden spielen die Bodenbakterien für die Ernährung des Waldes viel grössere und wichtigere Rolle, als die Protozoen.

9. Zwischen den Bodenbakterien und Bodenprotozoen konnte kein unmittelbarer Zusammenhang nachgewiesen werden.

10. Die Protozoen ernähren sich zwar grösstenteils mit Bakterien, es konnte jedoch vereinzelt auch Kannibalismus nachgewiesen werden.

11. Den grössten Teil der Bodenprotozoen kann man durch das ganze Jahr auffinden und beobachten. Es gibt aber auch solche Arten, die nur sporadisch oder nur in gewissen Jahreszeiten vorkommen.

12. Bezüglich der Protozoen-Fauna konnten wir vorläufig keinen ausgeprägten Unterschied zwischen Nadelwälder und Laubwälder finden.

13. Der Boden der Kahlschläge zeigt jedoch ganz deutlichen Unterschied bezüglich der Lebenstätigkeit der Bodenprotozoen. Infolge des mangelnden Schutzes durch den Bestandesschluss wirkt der Kahlschlag ungünstig.

14. Die Protozoen-Fauna des Waldbodens ist auch in der Anzahl der Arten ärmer, wie die der landwirtschaftlich bebauten Böden.

15. Wie aus diesen Untersuchungen klar hervorgeht, besteht zwischen der Anzahl der Bodenbakterien und der Boden- und Lufttemperatur und der Lichtintensität ein kausaler Zusammenhang. Ihr gegenseitiger Verlauf ist fast vollkommen parallel.

16. Das Wachstumsoptimum erreichen die Bakterien des Waldbodens in den Sommermonaten und ihr Minimum fällt mit den Minima der erwähnten Umweltfaktoren zusammen.

Literatur.

I. Dr. Fehér: Untersuchungen über die Kohlensäureernährung des Waldes. Vorläufige Mitteilung. (Biochemische Zeitschrift 1927. Bd. 180, Heft 1—3.)

Dr. Fehér: Untersuchungen über die Kohlenstoffernährung des Waldes. (Flora [Allg. Bot. Zeitung] Bd. 121. Seite 316—333, 1927.)

Dr. Fehér: Vizsgálatok az erdő CO_2-táplálkozásáról. (A M. Tud. Akad. Mat. és Természettudományi Értesítője XLIV. kötet, 321—329. oldal, Budapest, 1927.)

Bokor: Vizsgálatok az erdőtalaj mikroflórájáról. (Erdészeti Kísérletek, 1926, 1—2. füzet.)

Bokor: Ein Beitrag zur Mikrobiologie des Waldbodens. (Biochemische Zeitschrift 1927, Bd. 181, Heft 4—6.)

Dr. Fehér: Néhány megjegyzés a «Vizsgálatok az erdőtalaj életét befolyásoló élettani tényezők biofizikai, biochemiai és bakteriológiai kölcsönhatásáról» c. értekezéshez. (Erdészeti Kísérletek 1927, 3—4.)

Dr. Fehér-Sommer: Vizsgálatok az erdőtalaj lélekzéséről, különös tekintettel annak az erdő életében elfoglalt biológiai szerepére és gazdasági jelentőségére. (Bemutatva a M. Tudom. Akadémia III. osztályának 1928 április 23-án tartott ülésén.)

D. Fehér und G. Sommer: Untersuchungen über die biologische und fortstwirtschaftliche Bedeutung der CO_2-Atmung der Waldböden. (Vorgelegt der III. Klasse der Ung. Akademie der Wissenschaften am 23. April 1928.)

II. Doflein-Reichenov: Lehrbuch der Protozoenkunde. (5. Auflage, Jena, 1928. G. Fischer.)

Eyferth-Schoenichen: Einfachste Lebensformen des Tier- und Pflanzenreiches. I., II. Bd., 5. Aufl. 1928.

Sandon, H.: The Composition and Distribution of the Protozoan Fauna of the Soil. (London, 1927, Oliver and Boyd.)

Severtzova, L. B.: The food Requirement of soil Amoebae with Reference to their Interrelation with soil Bacteria and soil Fungi. (Centralblatt f. Bakt. Parasit. u. Inf., Abt. II, Bd. 73, p. 162, 1928.)

Winogradow, Thais Fedorowa: Amöbenzucht auf dem Azotobacter chroococcum. (Centralbl. f. Bakt. Parasit. u. Inf. Abt. II, Bd. 72, p. 374, 1927.)

Winogradow, Thais Fedorowa: Beiträge zur Frage der Wirkung der Bodenamöben auf das Wachstum und die Entwicklung des Azotobacter chroococcum unter Versuchsbedingungen auf sterilem Boden. (Centralbl. f. Bakt. Parasit. u. Inf. Abt. II, Bd. 74, p. 14., 1928.)

Yakimoff-Zérèn: Contribution à l'étude des protozoaires des sols de Russie. 2*me* comm.: Les protozoaires du sol du Turkestan. (Centralbl. f. Bakt. Parasit. u. Inf. Abt. II, Bd. 67, p. 16, 1926.)

III. Cutler: A method for estimating the number of active protozoa in the soil. (Journal of Agricultural Science, 10, p. 135—143, 1920.)

IV. Bokor: Ein Beitrag zur Mikrobiologie des Waldbodens. (Biochemische Zeitschrift 1927, Bd. 181, Heft 4—6.)

Bokor: Vizsgálatok az erdőtalaj mikroflórájáról. (Erdészeti Kísérletek, 1926. 1—2. füzet.)

V. Waksman, Selman A.: Principles of Soil Microbiology. Baltimore, 1927.

Waksman, Selman A.: Methoden der mikrobiologischen Bodenforschung. Abderhalden's Handbuch der biologischen Arbeitsmethoden. (Abt. XI, Teil 3, p. 715—864, 1926.)

VI. Mislowitzer, Ernst: Die Bestimmung der Wasserstoffionenkonzentration von Flüssigkeiten. Berlin, 1928.

VII. Eder: Abderhalden's Handbuch der biologischen Arbeitsmethoden. Abt. II, Teil 1, 1926.

VIII. Vági István: A talajtan elemei, tekintettel az erdőgazdaságra. Sopron, 1927.

IX. Wiesmann: Agrikulturchemisches Praktikum. 1926.

DAS VORKOMMEN DER HETERASTRIDIEN IN DER UNGARISCHEN TRIAS.

Von Dr. ANDREAS KUTASSY.

Vorgelegt der III. Klasse der ung. Akademie der Wiss. in der Sitzung vom 17. März. 1930.

Im Laufe des verflossenen Jahres übergab mir Dr. R. Streda mehrere Versteinerungen aus den obertriadischen Mergelschichten des Jeruzsálem-Berges bei Veszprém zur Bestimmung. Der Jeruzsálem-Berg bei Veszprém war schon bisher weltberühmt durch seine in die Karnische Stufe der oberen Trias gehörige reiche Fauna, zu der unter anderen auch die auf der ganzen Erde als Unikum geltenden Reste der unter dem Namen *Placochelys placodonta* Jaek. beschriebenen, bezahnten Schildkröte gehören. Unter den allgemein bekannten, charakteristischen Petrefakten des von Streda gesammelten Materials (wie z. B. *Cornucardia Hornigi* Bittn., *Mysidioptera Laczkói* Bittn., *Dimiopsis intusornata* Bittn. etc.) fielen mir die gleichzeitig eingesammelten, kugeligen und unregelmässig eiförmigen Reste mit Durchmessern von einigen cm auf, die auf den ersten Blick Konkretionen zu sein scheinen, unter der Lupe aber in ihrer Oberfläche kleinere-grössere Warzen und stellenweise sogar an die Durchschnitte schwarz gefärbter Korallen erinnernde, sternförmige Zeichnungen erkennen lassen. Auf Grund der charakteristischen Gestallt dieser Kugeln, sowie der warzenartigen Unebenheiten der Oberfläche erkannte ich eine auffällige Ähnlichkeit mit den in der Trias weltverbreiteten Heterastridien, die bisher aus der Fauna der ungarischen Trias nicht bekannt waren. Das Studium der diesbezüglichen Literatur rechtfertigte, wie aus Nachstehendem hervorgehen wird, meine Annahme vollkommen.

In den Arbeiten Vinassa de Regni's[1] über die triadischen Coelenteraten des Bakony-Gebirges werden keine Heterastridien erwähnt, eine Tatsache, die sich dadurch erklären lässt, dass die Aufsammler der Fauna diese Reste damals für Konkretionen hielten. Namentlich erwähnt Desider Laczkó[2] in seiner Arbeit über die Geologie des Komitates Veszprém bei der Beschreibung des Profils durch den Jeruzsálem-Berg (2, pag. 136), dass im Hangenden der *Solenomya-Mergel* der Karnischen Stufe eine drei m. mächtige Mergelgruppe lagert, zwischen dessen Bänken harte, knollenartige Gebilde vorkommen, deren Material viel härter als jenes des sie einschliessenden Gesteins ist. In dem nach oben folgenden Glied, das die meisten Fossilien lieferte und nach der Einteilung von Lóczy seniors[3] den durch *Cornucardia Hornigi* Bittn.[4] gekennzeichneten, höchsten Horizont der Karnischen Stufe (die Gruppe der Sándorhegyer Kalkes) darstellt, werden diese Knollen noch häufiger. Ähnliche

---

[1] Vinassa de Regni, P.: Neue Schwämme, Tabulaten und Hydrozoen aus dem Bakony; Result. d. wissensch. Erforsch. d. Balatonsees, Paläont. Anhang, Bd. I, Wien, 1911.

[2] Laczkó, D.: Die geol. Verhältn. von Veszprém u. seiner weiteren Umgebung; Result. d. wissensch. Erforsch. d. Balatonsees, geol. petrogr. mineralog. u. mineralchem. Anhang, Wien, 1911.

[3] V. Lóczy, L. senior: Die geol. Formationen d. Balatongegend, etc.; Result. d. wissensch. Erforsch. d. Balatonsees, Bd. I, Teil I, Sektion I, Wien, 1916.

[4] Diese Art, die von Bittner ursprünglich aus dem Bakony-Gebirge unter dem Namen *Craspedodon Hornigi* (Bittner, A.: Lamellibranchiaten aus d. Trias des Bakonyer Waldes; Result. d. wissensch. Erforsch. d. Balatonsees, Paläont. Anhang, Bd. II. Wien, 1912) beschrieben wurde, gelangte durch die Berichtigung Frech's (Frech, F.: Neue Zweischaler a. d. Bakonyer Trias: Result. d. wissensch. Erforsch. d. Balatonsees, Paläont. Anhang, Bd. II, Wien, 1912) in die Gattung *Phisocardia* hinüber, bis es dann schliesslich aus den Feststellungen Koken's hervorging, dass sie samt einigen alpinen Arten in eine neue Gattung zu stellen ist, die von Koken mit dem Namen *Cornucardia* belegt wurde (Koken, E.: Beiträge zur Kenntn. d. Schichten von Heiligenkreuz; Abhandl. d. k. k. geol. Reichsanst. Wien). Der endgültige Name der für das Bakony-Gebirge und die Alpen gleich charakteristischen Leitmuschel ist also *Cornucardia Hornigi* Bittn. und nicht *Conucardia*, wie Diener angibt (Diener: Lamellibranchiata triadica, Foss. Catalog. I, Animalia, pars 19, pag. 213).

knollige Konkretionen erwähnt Lóczy sen.[3] aus den Sedimenten der Karnischen Stufe auch von anderen Stellen des Balatonhochlandes, so z. B. aus der Gegend von Arács und Csopak. Aus alldem kann man darauf schliessen, dass die Heterastridien in der Trias des Balatonhochlandes ziemlich häufig sind. In dem mir zur Verfügung stehenden Material bestimmte ich auf Grund der äusseren Merkmale — da die Exemplare infolge der vollständigen Umkristallisation der inneren Struktur (was bei den Heterastridien eine sehr häufige Erscheinung ist) zur Herstellung von Dünnschliffen nicht geeignet sind — die Art

Heterastridium conglobatum Reuss.

Diese Art wurde vom ursprünglichen Fundort, von den österreichischen Alpen, aus den Ammonitenkalken des Sommeraukogels bei Hallstatt u. zw. aus dem unteren Horizont der Norischen Stufe bekannt.[5] Ausserdem ist sie noch vom Balkan, vom Karakorum, und aus den obertriassischen Sedimenten der Inseln des Malayischen Archipels bekannt. Das Norische Alter der ausseralpinen Fundorte wurde meist nach Analogien, ohne sichere Stützpunkte festgestellt und somit zeigt also ihr Vorkommen in unmittelbaren Liegenden der Norischen Stufe den bisherigen Vorkommnissen gegenüber keinerlei wesentlichere horizontale Abweichung. Das Vorkommen der Heterastridien in Ungarn liefert also das Kettenglied, das bisher aus dem Verbreitungsgebiet der weltverbreiteten Heterastridien fehlte und bringt von neuem die Wichtigkeit der ungarischen Trias vom Gesichtspunkt der Paläogeographie der triadischen Tethys und der Verbreitung ihrer Lebewelt zum Ausdruck. Die Wichtigkeit des Fundes macht das systematische Aufsammeln der Heterastriden des Balatonhochlandes erwünscht, wobei in Anbetracht der Häufigkeit ihres Vorkommens jedenfalls interessante Funde zu

[5] Spengler, E.: Die Gebirgsgruppe des Plassen u. d. Hallstatter Salzberges etc.; Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanst. Wien, Bd. LXVIII, Heft 3, 1919.

erwarten sind. Das aussergewöhnliche Interesse des Fundes veranlasste mich jedoch, die bisherigen Resultate schon jetzt, vor der eingehenden Bearbeitung des Themas zu veröffentlichen.

Nachdem ich den Heterastridien-Charakter des höchst interessanten Bakonyer Fundes erkannt hatte, durchsichtete ich das vom östlichen Teil Ungarns, aus dem Kodru-Móma-Gebirge in Siebenbürgen herstammende, im Besitz der kgl. ung. geol. Anstalt befindliche, bisher noch nicht bearbeitete, sehr reichliche Coelenteraten-Material, in dem ich die Heterastridien gleichfalls vorfand. Die triadischen Coelenteraten des Móma-Gebirges kommen im gleichen Horizont vor, aus dem ich eine überaus reiche Molluskenfauna bestimmte,[6] auf Grund deren die hellgrauen Kalke der Gegend von Vaskóh und Kólafalva nach meinen bisherigen Feststellungen die Grenzschichten der Karnischen-Norischen Stufen repräsentieren. In dem untersuchten Material konnte ich die Arten

Heterastridium conglobatum Reuss und

Heterastridium conglobatum Reuss, var. *verrucosa* Dunc. bestimmen.

Gelegentlich der Bearbeitung der Fauna der Triassedimente des Buda-Kovácsier-Gebirges[18] fand ich in der ungemein reichen Fauna des Norischen Dachsteinkalkes von Remete-Berg bei Budapest ein haselnussgrosses Kügelchen, das ich seinerzeit als einen unbestimmbaren Schwammrest erwähnte (l. cit. pag. 124). Nach einem Vergleich mit den kleinen, kugeligen Heterastridien des Kodru-Móma-Gebirges erleidet es nunmehr keinen Zweifel, dass auch dieser Rest hierher gehört und trotzdem die Oberfläche stark abgewetzt ist, erscheint es immerhin höchst wahrscheinlich, dass dieses Exemplar spezifisch zur Form

Heterastridium conglobatum Reuss. var. *verrucosa* Dunc. zu zählen ist.

Vom stratigraphischen Gesichtspunkt stimmt mit dem ursprünglichen alpinen Fundort am genauesten das Vorkommen bei Buda überein, indem die Dachsteinkalke der Budaer Ge-

---

[6] Kutassy, A.: Die Ausbildung der Trias im Móma-Gebirge, Ungarn. Siebenbürgen; Centralbl. f. Min. etc., Jahrg. 1928, Abt. B, No. 5.

gend auf Grund des massenhaften Auftretens von *Rhabdoceras Suessi* Mojs. in denselben in die Norische Stufe zu stellen sind.

Nach alldem erleidet es also keinen Zweifel, dass die Heterastriden auch in der ungarischen Trias vorhanden sind, wodurch die Lücke in der Verbreitungszone dieser weltverbreiteten Gattung ausgefüllt wird und anderseits als erwiesen erscheint, dass die Heterastridien zu den bezeichnendsten Fossilien der oberen Trias gehören, da sich ihre vertikale Verbreitung nach unseren bisherigen Kenntnissen auf die Karnisch-Norische Stufe allein beschränkt, so dass man dem Vorkommen ähnlicher Reste zukünftig eine grössere Wichtigkeit zuschreiben muss wie bisher.

Heterastridium Reuss. (*Syringosphaeria* Dunc. = *Stoliczkaria* Dunc.)

Typ.: *Heterastridium conglobatum* Reuss.

Kugelige, ovale oder vollkommen unregelmässig geformte Kolonien, deren Grösse zwischen einer Erbse und zwei Fäusten wechselt. An der Oberfläche verdichten sich Fasern des radial angeordneten Coenenchyms zu kleineren-grösseren Warzen oder Stacheln. Am Scheitel der Warzen oder noch besser, nach deren Abwetzung an der Oberfläche der Kolonie, sowie auch in parallel zur Oberfläche hergestellten Dünnschliffen zeigen die Coenenchymfasern eine dem Querschnitt der Korallen vollkommen ähnliche sternförmige Anordnung. Der übrige Teil des Coenenchyms zeigt ein schwammiges Gefüge, in dem die den Polypen als Wohnung dienenden Zooidröhren liegen, deren verlassene Partien durch Coenenchymbrücken abgesperrt sind. Die Zooidröhren melden sich zwischen den Warzen oder an deren Seite oder Basis als runde, unten geschlossene Öffnungen. Die Grösse ihres Durchmessers ist sehr verschieden; sie sind mitunter gleich gross, mitunter bedeutend kleiner, wie die Warzen der Oberfläche. Die Zooidröhren sind in einzelnen Fällen verstopft, was zu Missverständnisse führte, indem auf Grund des scheinbaren Fehlens der Zooidröhren neue Gattungen aufgestellt wurden.

Vom ersten Beschreiber Reuss[7] wurden diese Reste auf

[7] Reuss, A.: Zwei neue Anthozoen a. d. Hallstätter Schichten; Sitzber. d. Akad. Wissensch., Wien, Bd. LI, 1865.

Grund der sternförmig gruppierten Coenenchymfasern zu den Korallen gestellt. Duncan[8] stellte sie unter dem Namen *Syringosphaeria* zu den Protozoen, bis dann schliesslich Frech[9] erkannte, dass sie zu den Hydrozoen gehören.

Duncan[10] stellte unter dem Namen *Stoliczkaria* auch noch eine dritte Gattung auf, deren Hauptmerkmal er im Fehlen der Zooidröhren erblickte. Trotzdem Frech[9] auf Grund von Untersuchungen an den Londoner Originalexemplaren feststellen konnte, dass *Stoliczkaria* mit *Heterastridium* vollkommen identisch ist und das scheinbare Fehlen der Zooidröhren auf die gänzliche Verstopfung derselben zurückzuführen ist, trennte Steinmann[11] in seiner späteren Arbeit *Heterastridium* abermals von *Stoliczkaria* auf Grund des angeblichen Fehlens der Zooidröhren, da nach seiner Meinung die Dünnschliffe vertauscht und somit durch Frech nicht die Originaldünnschliffe von *Stoliczkaria* untersucht wurden. Die Frage wurde endgültig durch Oppenheim[12] entschieden, der an den vom Karakorum gesammelten neueren Stoliczkaria-Exemplaren deutlich sichtbare Zooidröhren fand, und feststellte, dass diese Exemplare eine neue Art, aber keinesfalls eine besondere Gattung repräsentieren. Trotz alldem kehrte Diener[13] im Foss. Catal. ohne jede Begründung wieder zur alten Steinmann'schen Auffassung zurück, indem er *Stoliczkaria* als besondere Gattung erwähnt. Ich hielt es demnach für notwendig, auch an dieser Stelle die Tatsache festzulegen, dass nach den Angaben der Literatur das

---

[8] Duncan, P.: On the *Syringosphaeridae*, an order of extinct *Rhizopoda*; Annals and Mag. of Nat. Hist., ser. 5, vol. II, 1878.

[9] Frech, F.: Die Korallen der Juvavischen Triasprovinz (Zlambachschichten, Hallstätter Kalke, Rhät); Palaeontographica, XXXVII, 1890.

[10] Duncan, P.: On the genus *Stoliczkaria* etc.; Quart. Journ. Geol. Soc., London, XXXVIII, 1882.

[11] Steinmann, G.: Über triadische Hydrozoen v. östl. Balkan u. über ihre Beziehungen z. jüngeren Formen; Sitzber. Akad. Wissensch., Wien, Bd. CII, 1893.

[12] Oppenheim, P.: Über von H. A. Lecoq gesammelte Heterastridien vom Karakorun—Pass; Centralbl. f. Min. etc., 1907.

[13] Diener, C.: Cnidaria triadica; Foss. Catal., I, Animalia, pars 13, 1921.

Genus *Stoliczkaria* nur als ein Synonym von *Heterastridium* angesehen werden kann.

Bezüglich der Lebensweise, resp. der Lebensverhältnisse der Heterastridien finden wir die ersten Angaben bei FRECH, der diese Formen für typische Organismen grösserer Meerestiefen hält (l. cit., pag. 96). Eine ähnliche Meinung äusserte später OPPENHEIM, der ohne besondere Begründung die Auffassung FRECH's akzeptierte (12, pag. 726). Die Vorkommnisse der Heterastridien am Jeruzsálem-Berg, sowie im Bihar-Gebirge widersprechen dieser Auffassung ebenso entschieden, wie auch die Umstände der bisher publizierten Heterastridien-Funde. Der Irrtum FRECH's lässt sich höchst wahrscheinlich darauf zurückführen, dass er bei der Feststellung der Lebensverhältnisse der Heterastridien von den Faziesverhältnissen des Hallstätter Kalkes ausging, aus dem die ersten, von REUSS beschriebenen Heterastridien-Exemplare zum Vorschein gekommen waren. Damals herrschte bezüglich der Ablagerungsverhältnisse des Hallstätter Kalkes die HAUG—UHLIG'sche Theorie, nach der sich die an dünnschaligen Halobien und Daonellen, sowie an Cephalopoden reichen Hallstätter Sedimente in der bathyalen Region abgelagert hätten. Später trat aber immer mehr die auch heute aufrecht stehende Theorie von WALTHER[14] und KOKEN[15] in den Vordergrund, nach der die Hallstätter Kalke im Gegenteil ufernahe Sedimente darstellen. Eine Abweichung zeigt sich nur insofern, als nach WALTHER die Ammoniten führenden Schichten in den zwischen den Korallriffen verlaufenden Klüften und Höhlungen zur Ablagerung gelangten, wogegen KOKEN auf Grund der Hallstätter Schneckenfaunen den Nachweis erbringt, dass die Merkmale dieser reichen Schneckenfauna unzweifelhaft auf einen in der Zone der starken Brandung gelegemen Lebensraum hinweisen. Zu einem ähnlichen Resultat gelangte neuestens auch DIENER,[16] noch dem die Hallstätter Bildung ein an Foraminiferen reiches Sediment darstellt, das in verschiedenen ufernahen

---

[14] WALTHER, J.: Geschichte der Erde und des Lebens, 1908.

[15] KOKEN, E.: Die Gastropoden der Trias um Hallstatt; Abh. d. k. k. geol. Reichsanst., Bd. XVII, 1897.

[16] DIENER, C.: Grundzüge der Biostratigraphie, 1925.

Regionen, aber stets unter solchen Umständen zur Ablagerung gelangte, die eine Beimischung von Materialen terrigenen Ursprunges zu den Sedimenten gänzlich ausschlossen. Das häufige Vorkommen planktonischer Foraminiferen in den Sedimenten bedeutet noch bei weitem nicht, dass letztere in den tieferen Regionen des Meeres abgelagert worden wären, da einesteils in der Gesellschaft der planktonischen auch sehr viele benthonischen Formen vorkommen, anderseits aber nach den neuesten Untersuchungen reiner Globigerinenschlick auch in den lagunären Regionen zur Ablagerung gelangt.

Zu ähnlichen Schlüssen gelangt man auch dann, wenn man die Lebensverhältnisse der rezenten Verwandten der Heterastridien betrachtet, indem die rezenten Tubularien (zu denen auch die Heterastridien gezählt werden) gleichfalls Bewohner seichter Regionen des Meeres sind.[17]

Die Lebensverhältnisse der Heterastridien von Veszprém und der Kodru-Móma waren ganz ähnliche. Die dickschaligen Cornucardien und die reiche Korallfauna des Veszprémer Mergels verweisen zweifelsohne auf seichtmarine Ablagerung, die Karnisch-Norischen Grenzschichten des Kodru-Móma-Gebirges mit Halobien, mit einer typisch seichtmarinen Gastropodenfauna, sowie dem ungemeinen Reichtum an Korallen und Spongien konnten sich ebenfalls nur in der seichten Region des Meeres abgelagert haben.[6]

Die Norischen Dachsteinkalke des Budaer Gebirges sind genau wie die alpinen Dachsteinkalke typische Beispiele in der Zone der starken Brandung abgelagerter, seichtmariner Kalksteine.[18]

Das Vorkommen in der Gesellschaft pelagischer Cephalopoden bedeutet also noch überhaupt nicht, dass die Heterastridien zur Tiefsee gehörige Organismen wären und es lässt sich im Gegenteil, auf Grund der bisherigen Vorkommnisse, sowie

---

[17] Brehm's Tierleben, Bd. Niedere Tiere, herausgeg. von O. Strasser, 1918.

[18] Kutassy, A.: Beiträge z. Stratigr. u. Pal. d. alp. Triasschichten in der Umgeb. v. Budapest. A m. kir. Földtani Intézet Évkönyve, Bd. XXVII, Budapest, 1927.

nach der Analogie der Lebensverhältnisse ihrer rezenten Verwandten feststellen, dass die Heterastridien bestimmt Bewohner des seichten Meeres waren.

Auf ähnliche Lebensverhältnisse kann man auch auf Grund des neuesten persischen Heterastridienfundes schliessen, der von Douglas aus den obertriassischen Sedimenten der Provinz Naiband in Ostpersien beschrieben wurde.[19] Die hier vorkommende *Heterastridium conglobatum* Reuss nova var. ist von solchen typischen Formen aus den Alpen, aus der Himalaya und von Timor[20] begleitet, die keinesfalls auf Ablagerungen grösserer Tiefen hinweisen (*Terquemia, Pecten, Myophoria, Protocardia, Trachynerita, Naticella, Serpula* etc., etc.).

Bezüglich der Trennung der Arten scheint die Auffassung Gerth's am richtigsten zu sein, der die bisher bekannten Heterastridien-Arten nur als Varietäten der einzigen Art: *Heterastridium conglobatum* Reuss, (Typ.) betrachtete.[20] Die Trennung der einzelnen Arten beruht nämlich hauptsächlich auf der Zahl und Anordnung der Stacheln, wogegen sich im inneren Bau nach unseren bisherigen Kenntnissen keine wesentlicheren Abweichungen nachweisen lassen. Hinsichtlich der Häufigkeit und Anordnung der Zooidröhren, zeigen sich aber so zahlreiche Übergangstypen, dass man am richtigsten vorgeht, wenn man die bisher bekannten Formen nur als Varietäten erwähnt.

Heterastridium conglobatum Reuss.

Taf. V, Fig. 1—5.

1865. *Heterastridium conglobatum* Reuss. — Reuss: Zwei neue Anthozoen aus den Hallstätter Schichten; Sitzungsber. d. math. naturw. Classe d. Akad. d. Wiss., Wien, Bd. LI, 1865, pag. 386, Taf. I, Fig. 1—3, Taf. II, Fig. 1—3, Taf. IV, Fig. 1—2.

1879. *Syringosphaeria porosa* Duncan. — Duncan: Karakorum

[19] Douglas, J. A.: A marine triassic fauna from Eastern Persia; Quart. Journ. of the Geol. Soc., Vol. LXXX, part 4, London, 1929.

[20] Gerth: Die Heterastridien von Timor; Paläontologie von Timor, Lief. II, 1915.

stones or Syringosphaeridae; Scient. results of the sec. Yarkand mission, Calcutta, 1879.

1890. *Heterastridium conglobatum* Reuss. — Frech: Die Korallenfauna der Trias; Palaeontographica, Bd. XXXVII, pag. 96, Textfig. 3.

1893. *Heterastridium conglobatum* Steinmann: Triadische Hydrozoen v. östl. Balkan; Sitzungsber. d. math. naturw. Classe d. Akad. d. Wiss., Wien, Bd. CII, pag. 467, Textfig. 1.

1908. *Heterastridium conglobatum* Frech & Renz: Neue Triasfunde auf Hydra etc.; Neues Jahrb. f. Mineralogie etc., Beil. Bd. XXV, pag. 445.

1915. *Heterastridium conglobatum* Gerth: Heterastridien von Timor; Palaeontologie von Timor, Lief. II, pag. 66, Taf. XLII, Fig. 1, 5, Textfig. 1, 2.

1918. *Heterastridium conglobatum* Spengler: Die Gebirgsgruppe d. Plassen u. d. Hallstätter Salzberges etc.; Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanst., Wien, Bd. LXVIII, pag. 347, in d. Faunenliste der unternorischen Kalke des Sommeraukogels.

Diese weltverbreitete Art ist — wie aus obigen Ausführungen hervorgeht — sowohl im Westen Ungarns, im Bakony-Gebirge, wie auch in den östlichen Gebieten, im Kodru-Móma-Gebirge eine sehr häufige Form.

Die im Bakony vorkommenden Exemplare sind durchschnittlich wallnussgross, kugelig oder an den Enden etwas gestreckt. Das in Fig. 1 dargestellte Exemplar zeigt eine vollkommen regelmässige Gestalt und an der Oberfläche sehr feine, dicht nebeneinander gestellte Warzen. Am Scheitel der kugeligen Warzen sind bei starker Vergrösserung stellenweise Vertiefungen sichtbar, ähnlich wie bei den in den Abbildungen von Reuss dargestellten Exemplaren, so dass die Gestalt einer solchen Warze von oben betrachtet am ehesten mit einer Miniatürkopie eines vulkanischen Kraters verglichen werden kann.

Das Innere der Bakonyer Exemplare ist vollkommen dicht, umkristallisiert, so dass an den von ihnen hergestellten Dünnschliffen vom inneren Bau nicht das Geringste sichtbar ist.

Demgegenüber zeigt die Oberfläche der sehr häufig vorkommenden und in Fig. 2 dargestellten, unregelmässig geformten Exemplare auch ohne Dünnschliff bei starker Vergrösserung ein den Dünnschliffen entsprechendes Bild. Die Bakonyer Exemplare besitzen grösstenteils eine vollkommen unregelmässige oder ovale Gestalt. In Anbetracht des Umstandes aber, dass, wie aus den Angaben der Literatur ersichtlich, die Gestalt der Heterastridien-Kolonien auch innerhalb derselben Art ungemein veränderlich ist, sehe ich keinen Grund dafür, diese Formen von der Grundform zu trennen, umsoweniger, da die Verdichtung der Coenchymfasern an der Oberfläche eine der Grundform vollkommen entsprechende Zeichnung beobachten lässt.

An der Oberfläche des in Fig. 2 dargestellten Bakonyer Exemplares sind Höcker wahrnehmbar, die an jene des *Heterastridium granulatum* (=*Stoliczkaria granulata* Duncan) erinnern, deren Oberfläche jedoch im Bau mit den übrigen Teilen der Schale vollkommen identisch ist. Diese Höcker treten bei den einzelnen Exemplaren vollkommen unregelmässig, an beliebigen Stellen, als individuelle Eigenschaft auf. Die Oberfläche der Schale ist hingegen in ganz ähnlicher Weise mit Warzen dicht besetzt, wie bei den normal geformten Exemplaren. An allen Teilen der Oberfläche sind schon mit unbewaffnetem Auge kleine schwarze Pünktchen wahrzunehmen, die bei starker Vergrösserung das Bild eines regelmässigen Sterns mit vielen Strahlen zeigen. In Fig. 2*a*, einer stark vergrösserten Partie der Oberfläche des in Fig. 2 abgebildeten Exemplars sind die sternförmigen Zeichnungen sehr deutlich sichtbar. Die Sterne sind nichts anderes, als die sternförmig angeordneten Teile der Coenenchymfasern. Wie Fig. 2 zeigt, sind die Sterne vollkommen gleich gross und regelmässig angeordnet, wodurch sie zweifellos auf den Grundtyp verweisen. Auf der Oberfläche der erhalten gebliebenen Warzen sind die Sterne nirgends anzutreffen, sondern nur an den glatten Stellen, wo die Warzen weggewetzt sind. Desgleichen zeigen auch die einige mm unterhalb der Oberfläche, aus dem Inneren der Kolonien hergestellten Dünnschliffe keinerlei Spuren einer Struktur. In diesen Fällen hat also die Natur gleichsam selbst Dünnschliffe verfer-

tigt, in dem sie stellenweise durch die Abwetzung der Warzen die innere Struktur sichtbar machte, wogegen im Inneren der Kolonie jede Struktur durch Umkristallisierung vernichtet wurde.

Ein ungemein wichtiges Merkmal dieser Exemplare besteht darin, dass die Öffnungen der Zooidröhren an der Oberfläche nirgends zu entdecken sind. In Anbetracht dessen, dass auch die Gestalt dieser Exemplare an *Heterastridium granulatum* (=*Stoliczkaria granulata* Dunc.) erinnert, könnte man daran denken, dass die Zooidröhren tatsächlich fehlen und somit die Gattung Stoliczkaria aufrecht zu erhalten wäre. Mit Rücksicht darauf jedoch, dass auch bei den typischen Exemplaren keinerlei Spuren der Zooidröhren aufzufinden sind, müssen wir wiederholt betonen, dass dieselben nicht fehlen, sondern im feinen, mergeligen Gestein vollständig verstopft wurden. Hoffentlich werden die späteren Aufsammlungen auch solche Exemplare ergeben, aus denen Dünnschliffe hergestellt werden können, mit deren Hilfe diese Frage vollständig geklärt wird. Einstweilen halte ich — wie bereits oben ausgeführt wurde — eine auf das Fehlen der Zooidröhren gegründete spezifische Trennung überhaupt nicht für gerechtfertigt, da dieses Fehlen zweifellos nur ein scheinbares ist, was auch daraus hervorgeht, dass an Exemplaren, die unter andere Fossilisationsverhältnisse gerieten, wie z. B. an jenen aus dem Kodru-Móma-Gebirge die Öffnungen der Zooidröhren an der Oberfläche sehr gut sichtbar sind, wobei aber auch hier einzelne Formen anzutreffen sind, die typisch zur Grundform gehören und trotzdem sie an ihrer Oberfläche stellenweise keinerlei Spuren von Zooidröhren zeigen, im Querschnitt deutlich die Höhlungen derselben erkennen lassen.

In den Karnisch-Norischen Grenzschichten des Kodru-Móma-Gebirges kommen die Exemplare des *Heterastridium conglobatum* ebenfalls in grosser Anzahl vor; ihre Grösse schwankt zwischen einer Haselnuss und einem Durchmesser von 4 cm. An der Oberfläche einzelner abgewetzter Exemplare sind auch hier die schwarzen Pünktchen anzutreffen, die vergrössert genau das in Fig. 2*a* sichtbare Bild zeigen.

Das in Fig. 3 abgebildete Exemplar ist ein typischer Repräsentant der Art *Heterastridium conglobatum* Reuss, mit

dicht angeordneten, kleinen Warzen an der Oberfläche. Zwischen den Warzen sind die Öffnungen der Zooidröhren nirgends vorzufinden, eine Partie des lateralen Teiles aber, die einen weiter einwärts gelegenen Abschnitt der konzentrisch gebauten Kolonie darstellt und folglich nicht verstopft wurde, aber noch nicht zum völlig umkristallisierten inneren Kern gehört, sind die Öffnungen der Zooidröhren deutlich sichtbar. Die Zooidröhren reichen nicht tief in das Innere der Schale hinab (Fig. 3*a*), sondern sind unweit der Oberfläche durch die sog. Coenenchymbrücken abgeschlossen. (Vergl. GERTH, l. c. Taf. XLII, Fig. 5.)

Das Skelet der Heterastridien ist, wie aus den bisherigen Untersuchungen ersichtlich, einesteils radial, anderenteils konzentrisch aufgebaut. Der konzentrische Bau ist besonders gut bei solchen Exemplaren sichtbar, deren äussere Hülle beschädigt ist, wobei unter dem fehlenden Teil deutlich die ganz ähnlich gebaute innere Partie der Schale sichtbar wird. Im Laufe des Wachstums umhüllen sich also die konzentrischen Schalenabschnitte genau wie die Blätter einer Zwiebel (Fig. 4). In Anbetracht der Grösse der einzelnen Exemplare, sowie hauptsächlich des Umstandes, dass die innere Struktur bloss in Dünnschliffen vorzufinden ist, die einige mm unterhalb der Oberfläche hergestellt wurden, äusserte GERTH die Ansicht,[18] dass sich die eigentlichen Wohnungen der Tiere bloss auf den einige mm dicken, oberflächlichen Abschnitt der Schale beschränkten, während das zentrale Gerüst bloss durch ein poröses, mit Luft erfülltes, Coenenchymmaterial von schwammiger Struktur ausgefüllt gewesen wäre.

Dieser Auffassung widersprechen entschieden einige vollkommen erhaltene Exemplare aus der Kodru-Móma. Namentlich das in Fig. 5 abgebildete Exemplar habe ich bis zur Mittellinie abgeschliffen, da es sich an einzelnen lädierten Stellen gezeigt hatte, dass die innere Struktur sehr gut erhalten ist. Im Schliff sind die Höhlungen der Zooidröhren, sowie auch die radial angeordneten Fasern des Coenenchyms gut sichtbar. Die Coenenchymbrücken, durch die die Zooidröhren im Laufe des Wachstums abgeschlossen wurden, sind an der Oberfläche des Schliffes bereits mit unbewaffnetem Auge wahrnehmbar. Die Untersuchung

des Schliffes zeigt, dass die Zooidröhren bei diesem Exemplar ohne Unterbrechung bis zum Mittelpunkt der Kugel verlaufen, von wo sie nach allen Richtungen radial auseinandertretend der Oberfläche zustreben. Nach alldem erleidet es keinen Zweifel, dass die ganze *Heterastridium*-Kolonie bis zum Mittelpunkt einheitlich aufgebaut und der bei einzelnen Formen im Zentrum vorhandene, mit Kalzitkristallen ausgefüllte Hohlraum nachträglich entstanden ist, dass auch die Tatsache, dass der innere Bau in den meisten Fällen nur in den unmittelbar unterhalb der Oberfläche hergestellten Schliffen studiert werden kann, ebenfalls auf die nachträglichen Umwandlungen zurückzuführen ist.

Bisherige Vorkommnisse: Alpen, Balkan, Persien, Karakorum, Timor; Ungarn: Bakony-Gebirge (Jeruzsálem-Berg bei Veszprém), Kodru-Móma-Gebirge (Kólafalva).

Heterastridium conglobatum Reuss, var. **verrucosa** Dunc.

Taf. V, Fig. 6—7.

1879. *Syringosphaeria verrucosa* Dunc. — Duncan: Karakorum stones or Syringosphaeridae; Scient. Res. 2. Yarkand Mission, pag. 12, Taf. I, Fig. 1—3.

1893. *Heterastridium verrucosum*; Steinmann: Triad. Hydroz. v. östl. Balkan; Sitzungsber. d. math. naturw. Classe d. Akad. d. Wiss., Wien, Bd. CII, pag. 469, Taf. II, Fig. 2.

1907. *Heterastridium verrucosum*; Oppenheim: Über von H. Lecoq gesamm. Heterastridien vom Karakorumpasse; Centralbl. für Min. etc., Jahrg. 1907, pag. 724.

1915. *Heterastridium conglobatum* Reuss, var. *verrucosa* Dunc. Gerth: Heterastridien von Timor; Palaeont. von Timor, Lief. II, pag. 67, Taf. XLII, Fig. 2.

Unter den in den karnisch-norischen Grenzschichten des Kodru-Móma-Gebirges vorkommenden Heterastridien sind mit ungemein kräftig entwickelten Stacheln bedeckte Kolonien sehr häufig anzutreffen. Die kräftigen Stacheln unterscheiden diese Formen schon auf den ersten Blick vom Grundtyp und überdies erscheint die spezifische Trennung auch durch die Anord-

nung der Zooidröhren begründet. Die Zooidröhren sind nämlich, wie bereits von STEINMANN hervorgehoben wurde und auf der zitierten Abbildung GERTH's deutlich sichtbar, nicht an der Oberfläche zwischen den Stacheln zerstreut, sondern unmittelbar an der Basis der Stacheln gruppiert oder bisweilen unter schiefem Winkel in die Seite der Stacheln vertieft.

Die älteren Autoren sahen in den durch die obigen Merkmale charakterisierten Exemplaren eine besondere Art. Demgegenüber erwähnt GERTH, der von der Insel Timor ein sehr reichliches und vorzüglich erhaltenes Material bearbeitete, die früher als selbständige Arten behandelten Formen nur als Varietäten, einesteils weil er hinsichtlich der Skulptur der Oberfläche sehr zahlreiche Übergänge vorfand, anderenteils weil er im inneren Bau keinerlei wesentlichere Abweichungen konstatieren konnte. Auf Grund des von mir bearbeiteten Materials kann ich mich dieser Auffassung GERTH's in vollem Masse anschliessen. Wenn man die Ausbildung der Warzen und Stacheln der Oberfläche betrachtet, findet man auch im Material vom Kodru-Móma-Gebirge so viele Übergänge, dass es von manchen Exemplaren nicht einmal sicher festgestellt werden kann, ob sie zum Grundtyp oder zur Varietät gehören. Zur letzteren können mit Sicherheit nur die vollkommen erhaltenen Exemplare und jene gestellt werden, deren Zooidröhren nicht verstopft sind, so dass ihre Lage deutlich sichtbar ist. Dass der innere Bau keinerlei wesentlichen Abweichungen zeigt, ist aus dem Schliff ersichtlich, den ich von einem typischen Exemplar der var. *verrucosa* herstellte. Die Verteilung der Coenenchymsterne, sowie die Anordnung der schwammigen Substanz und der Zooidröhren ist vom Grundtyp in keiner Hinsicht verschieden.

Aus den zur Norischen Stufe gehörigen Dachsteinkalken des Buda-Kovácsier-Gebirges[18] kam ein einziges *Heterastridium*-Exemplar zum Vorschein. Die Oberfläche des haselnussgrossen Stückes ist stark abgewetzt und die Zooidröhren wurden im feinen, kalkig-schlammigen Sediment vollkommen verstropft, die Warzen dürften aber, wie aus der Beschaffenheit der erhalten gebliebenen basalen Teile geschlossen werden kann, kräftig entwickelt gewesen sein, so dass also auch dieses Exemplar am

ehesten zu dieser Varietät gezählt werden kann. Die innere Struktur ist völlig umkristallisiert, im Zentrum liegt eine mit Kalzitkristallen erfüllte Höhlung.

Bisherige Vorkommnisse: Balkan, Karakorum, Timor; Ungarn: Kodru-Móma-Gebirge (Kólafalva), Remete-Berg bei Budapest.

*

Die Heterastridien treten an allen bisher bekannten Fundorten in grossen Massen, ganze Bänke bildend auf (abgesehen vom Budaer Vorkommen, das bisher nur ein einziges Exemplar lieferte) und sie waren somit in der Trias ebenso wichtige gesteinsbildende Organismen, wie ihre Verwandten, die Ellipsactinien un Sphaeractinien im Jura und in der Kreide.

Während der Korrektion traf ich auf die Arbeit von J. P. Smith: Upper triassic invertebrate faunas of North America, (U. S. A. Geolog. Surv. Prof. paper 141. Washington 1927. 135. p. 121. pl.) in der er einen Heterastridium conglobatum Reuss aus dem unterem Noricum von Alaska beschreibt. Seine Zeichnung von dem Querschnitt der Fossilie ist ganz ähnlich dem Querschnitt, den ich in der Fig. 5. an der I. Tafel veröffentliche, was meine eben besprochene Auffassung noch eher befestigt.

Tafelerklärung.

1. *Heterastridium conglobatum* Reuss. typ. Exemplar aus dem Bakony (Veszprém: Jeruzsálem-Berg).
2. *Heterastridium conglobatum* Reuss. ebendaher.
2*a*. *Heterastridium conglobatum* Reuss. ein Teil der Oberfläche 6× vergr.
3., 3*a*. *Heterastridium conglobatum* Reuss. aus dem Kodru-Móma-Gebirge (Siebenbürgen—Kólafalva).
4., 4*a*. *Heterastridium conglobatum* Reuss. ebendaher.
5. *Heterastridium conglobatum* Reuss. ebendaher. Querschnitt 1·5× vergrössert.
6. *Heterastridium conglobatum* Reuss. var. *verrucosa* Dunc. aus dem Kodru-Móma-Gebirge (Siebenbürgen—Kólafalva).
7. *Heterastridium conglobatum* Reuss. var. *verrucosa* Dunc. Dünnschliff, 4× vergr. Die Coenenchym-Sterne sind in Photographie weiss gefärbt.

Die Figuren zeigen, mit Ausnahme d. Fig. 2*a*, 5, 7, die natürliche Grösse. Die Originale z. Fig. 1, 2, 2*a* befinden in Sammlung d. Geolog. Institut d. P. P. Universität in Budapest, die z. Fig. 3—7 in Sammlung d. ungarischen Geolog. Anstalt.

UNTERSUCHUNGEN ÜBER DIE ALEFREIHE.

Von LADISLAUS PATAI in Budapest.

Vorgelegt der III. Klasse der Ung. Akademie der Wiss. in der Sitzung vom 2. Juni 1930 durch J. KÜRSCHÁK, ord. Mitglied der Akademie.

Nach der allgemeinen CANTOR'schen Vermutung gilt für jedes x

$$2^{\aleph_x} = \aleph_{x+1}.$$

Wenn nun β eine Limeszahl und $\alpha \geqq \beta$ ist, so ist, unter Voraussetzung der Gültigkeit dieser Vermutung, jedes Glied der Reihe

$$\aleph_\alpha^{\aleph_0},\ \aleph_\alpha^{\aleph_1},\ldots\ \aleph_\alpha^{\aleph_\mu},\ldots \qquad (\mu < \beta)$$

mit $\aleph_\alpha$ oder $\aleph_{\alpha+1}$ gleich. Daher können die Glieder der Reihe nur zwei verschiedene Werte annehmen.

In vorliegender Arbeit werde ich von der CANTOR'schen Vermutung unabhängig beweisen, dass falls β eine Limeszahl und α hinreichend gross ist, die obige Reihe nur endlich viele verschiedene Glieder enthalten kann, d. h. die Glieder der Reihe von einer gewissen Stelle an gleich sind.

Ausserdem beweise ich noch, daß für das kleinste $\aleph_\alpha$ von solcher Beschaffenheit die Ungleichung

$$\aleph_\alpha < 2^{\aleph_\beta}$$

gilt. Dies ist insoferne von Interesse, weil die CANTOR'sche Vermutung vorausgesetzt, $2^{\aleph_\beta}$ das *zweitkleinste* Alef dieser Beschaffenheit ist.

Diejenigen Sätze, welche zu dieser allgemeinen Eigenschaft der Alefreihe führen, sind auch an sich nicht ohne Interesse,

da durch dieselben wir in die Tiefe des Alefproblems einen Einblick erhalten.

Um überflüssige Wiederholungen zu vermeiden, nenne ich jede monoton nicht abnehmende Reihe

$$a_1 \leqq a_2 \leqq \cdots \leqq a_\mu \leqq \cdots$$

«wachsend», wenn in ihr kein grösstes Glied existiert, d. h. wenn zu jedem Glied a_μ in der Reihe ein grösseres gibt.

Die Gültigkeit des Wohlordnungssatzes wird in der ganzen Arbeit vorausgesetzt.

§ 1.

Satz I. *Wenn α eine Limeszahl und die Reihe*

$$\aleph_0^{\aleph_\beta},\ \aleph_1^{\aleph_\beta},\ldots\ \aleph_\mu^{\aleph_\beta},\ldots \qquad (\mu<\alpha)$$

wachsend ist, so gilt:

$$a)\quad \aleph_\xi^{\aleph_\beta} < \aleph_\alpha \qquad \text{für jedes} \quad \xi < \alpha.$$

$$b)\quad \aleph_\alpha^{\aleph_\beta} = \aleph_\alpha, \qquad \text{wenn} \quad \beta < cf(\alpha).^1$$

$$c)\quad \aleph_\alpha^{\aleph_\beta} = \aleph_\alpha^{\aleph_{cf(\alpha)}}, \qquad \text{wenn} \quad \beta \geqq cf(\alpha).$$

Ad *a)* Im entgegengesetzen Falle würde ein solches ξ existieren, für welches

$$\aleph_\xi^{\aleph_\beta} \geqq \aleph_\alpha.$$

Daraus würde

$$\aleph_\xi^{\aleph_\beta} \geqq \aleph_\alpha^{\aleph_\beta},$$

also

$$\aleph_\xi^{\aleph_\beta} = \aleph_\alpha^{\aleph_\beta}$$

und indem wieder der Äquivalenzsatz angewendet wird,

$$\aleph_\xi^{\aleph_\beta} = \aleph_{\xi+1}^{\aleph_\beta} = \cdots = \aleph_\mu^{\aleph_\beta} = \cdots \qquad (\mu<\alpha)$$

folgen, im Gegensatz zu der Voraussetzung, dass unsere Reihe wachsend ist.

---

[1] Mit $cf(\alpha)$ bezeichne ich (nach Tarski) den Index der kleinsten Anfangszahl, welche mit α confinal ist. Z. B. $cf(\omega) = cf(\Omega_\omega) = 0$; $cf(\Omega_1) = 1$; $cf(\Omega_{\omega+1}) = \omega + 1$.

Ad *b)* Wenn wir in der Gleichung [1]

$$\aleph_\alpha^{\aleph_\beta} = \sum_{\xi<\alpha} \aleph_\xi^{\aleph_\beta} \tag{1}$$

für jedes $\aleph_\xi^{\aleph_\beta}$ das als grösser erwiesene $\aleph_\alpha$ setzen, so ergibt sich:

$$\aleph_\alpha^{\aleph_\beta} = \sum_{\xi<\alpha} \aleph_\xi^{\aleph_\beta} \leqq \sum_{\xi<\alpha} \aleph_\alpha \leqq \aleph_\alpha^2 = \aleph_\alpha.$$

Andererseits ist

$$\aleph_\alpha^{\aleph_\beta} \geqq \aleph_\alpha,$$

also nach dem Äquivalenzsatz:

$$\aleph_\alpha^{\aleph_\beta} = \aleph_\alpha.$$

Ad *c)* Es sei

$$\lim_{\mu<\Omega cf(\alpha)} x_\mu = \alpha$$

und betrachten wir die Reihe

$$\{\aleph_{x_\mu}^{\aleph_\beta}\}. \qquad (x_\mu<\alpha)$$

Nach vorigem gilt für jedes x_μ

$$\aleph_{x_\mu}^{\aleph_\beta} < \aleph_\alpha,$$

also

$$\prod_{x_\mu<\Omega cf(\alpha)} \aleph_{x_\mu}^{\aleph_\beta} \leqq \aleph_\alpha^{\aleph_{cf(\alpha)}}. \tag{2}$$

Nach dem durch JOURDAIN verallgemeinerten J. KÖNIG'schen Satz [2] gilt:

$$\aleph_\alpha < \prod_{\mu<\Omega cf(\alpha)} \aleph_{x_\mu}$$

und daraus

$$\aleph_\alpha^{\aleph_\beta} \leqq \prod_{\mu<\Omega cf(\alpha)} \aleph_{x_\mu}^{\aleph_\beta}. \tag{3}$$

---

[1] Siehe A. TARSKI: «Quelques théorèmes sur les alephs», Fund. Math. 7 (1925), p. 1, sowie meine Arbeit: «Über die Reihe der unendlichen Kardinalzahlen», Math. Zeitschr. 28 (1928), S. 321.

[2] Siehe z. B. A. SCHOENFLIES: Entwickelung der Mengenlehre und ihrer Anwendungen. Leipzig und Berlin 1913, S. 66.

Aus (2) und (3) folgt

$$\aleph_\alpha^{\aleph_\beta} \leqq \aleph_\alpha^{\aleph_{cf(\alpha)}}$$

und so nach dem Äquivalenzsatz:

$$\aleph_\alpha^{\aleph_\beta} = \aleph_\alpha^{\aleph_{cf(\alpha)}}.$$

§ 2.

Satz II.[1] *Ist α eine Limeszahl und $cf(\alpha) > \beta$, so existiert ein $\xi < \alpha$, für welches*

$$\aleph_\alpha^{\aleph_\beta} = \aleph_\xi^{\aleph_\beta}.\aleph_\alpha. \tag{4}$$

Ist nämlich die Reihe

$$\aleph_0^{\aleph_\beta},\ \aleph_1^{\aleph_\beta},\ldots\ \aleph_\mu^{\aleph_\beta},\ldots \qquad (\mu<\alpha)$$

wachsend, so ist nach Satz I für *jedes* $\xi < \alpha$

$$\aleph_\alpha^{\aleph_\beta} = \aleph_\alpha = \aleph_\xi^{\aleph_\beta}.\aleph_\alpha;$$

wenn aber die Glieder der Reihe von einem bestimmten Gliede $\aleph_\xi^{\aleph_\beta}$ an gleich sind, also

$$\aleph_\xi^{\aleph_\beta} = \aleph_{\xi+1}^{\aleph_\beta} = \cdots = \aleph_\mu^{\aleph_\beta} = \cdots \qquad (\xi<\mu<\alpha)$$

ist, so ist, indem wir $\aleph_\xi^{\aleph_\beta}$ mit $\aleph_x$ bezeichnen ($x \geqq \xi$),

$$\aleph_\xi^{\aleph_\beta} < \aleph_{x+1} \leqq \aleph_{x+1}^{\aleph_\beta},$$

---

[1] Im Spezialfall $\alpha = \Omega_1$ und $\beta = 0$ habe ich den Satz in meiner Arbeit: «Über die Reihe der unendlichen Kardinalzahlen», Math. Zeitschr. **28** (1928), S. 321 bereits bewiesen. Ich bemerke, dass die Sätze II und IV zur Zeit der Abfassung dieser meiner früheren Arbeit bereits in meinem Besitze waren. Obiger Beweis ist übrigens fast die wörtliche Wiederholung des dort Dargelegten. Beide Sätze wurden unabhängig gleichfalls auch durch Herrn A. Tarski entdeckt und unlängst ohne Beweis publiziert. Siehe A. Lindenbaum und A. Tarski: «Communication sur les recherches de la Théorie des Ensembles,» Comptes rendus de séances de la Société des Sciences et de lettres de Varsovie **19** (1926), Classe III, p. 315.

also kann x nicht kleiner als α sein. Hieraus folgt:

$$\aleph_\xi^{\aleph_\beta} \geqq \aleph_\alpha,$$

also

$$\aleph_\xi^{\aleph_\beta} = \aleph_\alpha^{\aleph_\beta}$$

und endlich

$$\aleph_\alpha^{\aleph_\beta} = \aleph_\xi^{\aleph_\beta} . \aleph_\alpha .$$

Unsere Behauptung ist somit bewiesen.

Satz III. *Unter den Bedingungen des Satzes II ist die kleinste Ordnungszahl ξ, welche die Gleichung*

$$\aleph_\alpha^{\aleph_\beta} = \aleph_\xi^{\aleph_\beta} . \aleph_\alpha \tag{4}$$

befriedigt, entweder 0 *oder eine solche Limeszahl, für welche*

$$cf(\xi) \leqq \beta.$$

Nach dem Satze von BERNSTEIN—HAUSDORFF [1] ist

$$\aleph_{\mu+1}^{\aleph_\beta} . \aleph_\alpha = \aleph_\mu^{\aleph_\beta} . \aleph_{\mu+1} . \aleph_\alpha = \aleph_\mu^{\aleph_\beta} . \aleph_\alpha, \quad \text{wenn} \quad \mu < \alpha,$$

also kann das kleinste ξ nicht von der Form $\mu + 1$ sein. Wenn aber $cf(\xi) > \beta$, so existiert nach Satz II ein $\mu < \xi$, für welches

$$\aleph_\xi^{\aleph_\beta} = \aleph_\mu^{\aleph_\beta} . \aleph_\xi,$$

und infolgedessen

$$\aleph_\alpha^{\aleph_\beta} = \aleph_\xi^{\aleph_\beta} . \aleph_\alpha = \aleph_\mu^{\aleph_\beta} . \aleph_\xi . \aleph_\alpha = \aleph_\mu^{\aleph_\beta} \aleph_\alpha .$$

Für das kleinste ξ ist daher tatsächlich $cf(\xi) \leqq \beta$.

§ 3.

Satz IV. *Ist α eine Limeszahl und $cf(\alpha) \leqq \beta$, so existiert ein $\xi < \alpha$, für welches*

$$\aleph_\alpha^{\aleph_\beta} = \aleph_\xi^{\aleph_\beta} . \aleph_\alpha^{\aleph_{cf(\alpha)}} . \tag{5}$$

---

[1] S. F. BERNSTEIN: «Untersuchungen aus der Mengenlehre», Math. Annalen **61** (1925) S. 150 und F. HAUSDORFF: Jahresbericht der deutschen Math. Ver. **13** (1904), S. 570.

Ist nämlich die Reihe

$$\aleph_0^{\aleph_\beta}, \aleph_1^{\aleph_\beta}, \ldots \aleph_\mu^{\aleph_\beta}, \ldots \qquad (\mu<\beta)$$

wachsend, so gilt nach Satz I für *jedes* $\xi < \alpha$:

$$\aleph_\alpha^{\aleph_\beta} = \aleph_\alpha^{\aleph_{cf(\alpha)}} = \aleph_\xi^{\aleph_\beta} . \aleph_\alpha^{\aleph_{cf(\alpha)}};$$

wenn aber die Glieder der Reihe von einem bestimmten Gliede $\aleph_\xi^{\aleph_\beta}$ an gleich sind, so ist

$$\aleph_\xi^{\aleph_\beta} = \aleph_\alpha^{\aleph_\beta},$$

also weiter

$$\aleph_\xi^{\aleph_\beta} = \aleph_\xi^{\aleph_\beta} . \aleph_\alpha^{\aleph_{cf(\alpha)}}$$

und endlich

$$\aleph_\alpha^{\aleph_\beta} = \aleph_\xi^{\aleph_\beta} . \aleph_\alpha^{\aleph_{cf(\alpha)}}.$$

Aus unserem Satze ergibt sich die mit (1) analoge Formel:

$$\aleph_\alpha^{\aleph_\beta} = \aleph_\alpha^{\aleph_{cf(\alpha)}} . \sum_{\xi<\alpha} \aleph_\xi^{\aleph_\beta}. \qquad (6)$$

Satz V. *Unter den Bedingungen des Satzes IV ist die kleinste Ordnungszahl* ξ, *welche die Gleichung*

$$\aleph_\alpha^{\aleph_\beta} = \aleph_\xi^{\aleph_\beta} . \aleph_\alpha^{\aleph_{cf(\alpha)}} \qquad (5)$$

befriedigt, entweder 0 *oder eine solche Limeszahl, für welche*

$$cf(\alpha) \leqq cf(\xi) \leqq \beta. \qquad (7)$$

Nach dem Satze von Bernstein—Hausdorff ist

$$\aleph_{\mu+1}^{\aleph_\beta} . \aleph_\alpha^{\aleph_{cf(\alpha)}} = \aleph_\mu^{\aleph_\beta} . \aleph_{\mu+1} . \aleph_\alpha^{\aleph_{cf(\alpha)}} = \aleph_\mu^{\aleph_\beta} . \aleph_\alpha^{\aleph_{cf(\alpha)}}, \text{ wenn } \mu < \alpha,$$

also kann das kleinste ξ nicht von der Form $u+1$ sein.

Wenn nun $\beta < cf(\xi)$, so ist nach Satz II

$$\aleph_\alpha^{\aleph_\beta} = \aleph_\xi^{\aleph_\beta} . \aleph_\alpha^{\aleph_{cf(\alpha)}} = \aleph_\mu^{\aleph_\beta} . \aleph_\xi . \aleph_\alpha^{\aleph_{cf(\alpha)}} = \aleph_\mu^{\aleph_\beta} . \aleph_\alpha^{\aleph_{cf(\alpha)}}; \qquad (\mu<\xi<\alpha)$$

wenn aber $cf(\xi) < cf(\alpha)$ und $\xi \neq 0$ ist, so ist nach Satz IV

$$\aleph_\alpha^{\aleph_\beta} = \aleph_\xi^{\aleph_\beta} . \aleph_\alpha^{\aleph_{cf(\alpha)}} = \aleph_\mu^{\aleph_\beta} . \aleph_\xi^{\aleph_{cf(\xi)}} . \aleph_\alpha^{\aleph_{cf(\alpha)}} = \aleph_\mu^{\aleph_\beta} . \aleph_\alpha^{\aleph_{cf(\alpha)}}. \qquad (\mu<\xi)$$

Ist nun das kleinste $\xi \neq 0$, so ist also tatsächlich

$$cf(\alpha) \leqq cf(\xi) \leqq \beta. \qquad (7)$$

Existiert kein die Relation (7) erfüllendes $\xi<\alpha$, so ist nach diesem Satz das kleinste $\xi=0$.[1] Dieser spezielle Fall folgt übrigens auch aus einem schönen Satze des Herrn TARSKI,[2] nach welchem aus $\bar{\alpha} \leqq \aleph_\beta$ $\aleph_\alpha^{\aleph_\beta} = 2^{\aleph_\beta}.\aleph_\alpha^{\bar{\alpha}}$ folgt.

§ 4.

Satz VI. *Ist α eine beliebige und β eine Limeszahl, so existiert ein $\xi<\beta$, bei welchem für alle $\mu \geqq \xi$*

$$\aleph_\alpha^{\aleph_\mu} = \aleph_\alpha^{\aleph_\xi}.2^{\aleph_\mu}. \tag{8}$$

Beim Beweis dieses Satzes genügt es sich auf den Fall zu beschränken, in welchem α eine Limeszahl ist, weil durch Anwendung des BERNSTEIN—HAUSDORFF'schen Satzes aus obiger Gleichung

$$\aleph_{\alpha+1}^{\aleph_\mu} = \aleph_\alpha^{\aleph_\mu}.\aleph_{\alpha+1} = \aleph_{\alpha+1}.\aleph_\alpha^{\aleph_\xi}.2^{\aleph_\mu} = \aleph_{\alpha+1}^{\aleph_\xi}.2^{\aleph_\mu}$$

folgt.

Bei dem Beweis unterscheiden wir zwei Fälle: (1) $cf(\alpha)=\gamma<\beta$ und (2) $\gamma \geqq \beta$.

Erster Fall: $cf(\alpha)=\gamma<\beta$.

Nach Satz IV gilt für jedes $\mu \geqq \gamma$

$$\aleph_\alpha^{\aleph_\mu} = \aleph_{\xi_\mu}^{\aleph_\mu}.\aleph_\alpha^{\aleph_\gamma}, \qquad (\xi_\mu<\alpha)$$

wo ξ_μ die kleinste diese Gleichung befriedigende Ordnungszahl bedeute. Betrachten wir nun die Reihe

$$\xi_\gamma,\ \xi_{\gamma+1},\ldots\ \xi_\mu,\ldots \qquad (\mu<\beta)$$

Wenn alle Glieder der Reihe 0 sind, so ist unsere Behauptung bereits bewiesen. Nehmen wir also an, dass die Reihe auch von

---

[1] Z. B. $\aleph_\omega^{\aleph_\beta}=2^{\aleph_\beta}.\aleph_\omega^{\aleph_0}$, wenn β eine beliebige Ordnungszahl bedeutet. Analoger Weise $\aleph_{\Omega_1}^{\aleph_\beta}=2^{\aleph_\beta}.\aleph_{\Omega_1}^{\aleph_1}$, wenn $\beta \geqq 1$ ist.

[2] Dieser Satz dagegen ist ein Specialfall TARSKI's allgemeinen Satzes, nach welchem aus $\bar{\gamma} \leqq \aleph_\beta$ $\aleph_{\alpha+\gamma}^{\aleph_\beta}=\aleph_\alpha^{\aleph_\beta}.\aleph_{\alpha+\gamma}^{\bar{\gamma}}$ folgt. Herr TARSKI beweist diesen Satz ohne Voraussetzung der Gültigkeit des Wohlordnungssatzes durch transfinite Induktion. S. A. TARSKI, Quelques théorèmes sur les alephs, Fund. Math. 7 (1925), p. 1.

0 verschiedene Glieder enthält und es sei unter diesen ξ_μ vom kleinsten Index. Da in diesem Falle alle Glieder der Reihe

$$\left\{\aleph_\nu^{\aleph_\mu}\right\} \qquad (\xi_\mu \leqq \nu < \alpha)$$

gleich sind, so gilt

$$\xi_\mu \geqq \xi_{\mu+1} \geqq \xi_{\mu+2} \geqq \cdots$$

Die Glieder der Reihe $\xi_\mu, \xi_{\mu+1}, \ldots$ sind daher, weil keine unendliche abnehmende Reihe von Ordnungszahlen existiert, von einem bestimmten Gliede ξ_m an gleich. Es gibt also in diesem Falle eine Ordnungszahl ξ, bei welcher für alle $\mu \geqq \xi$

$$\aleph_\alpha^{\aleph_\mu} = \aleph_{\xi_m}^{\aleph_\mu} \cdot \aleph_\alpha^{\aleph_\gamma}.$$

Ist $\xi_m = 0$, so ist unsere Behauptung bereits bewiesen; wenn aber $\xi_m \neq 0$, so sind, weil ξ_m die kleinste diese Gleichungen befriedigende Ordnungszahl ist, die Reihen

$$\left\{\aleph_x^{\aleph_\mu}\right\} \qquad (x < \xi_m)$$

für alle $\mu \geqq \xi$ (sogar für alle $\mu < \beta$) wachsende Reihen und daher ist für sämtliche $\mu \geqq \xi$) (sogar schon für $\mu \geqq \gamma$) nach Satz I

$$\aleph_{\xi_m}^{\aleph_\mu} = \aleph_{\xi_m}^{\aleph_{cf(\xi_m)}},$$

also ist in diesem Falle

$$\aleph_\alpha^{\aleph_\mu} = \aleph_{\xi_m}^{\aleph_\mu} \cdot \aleph_\alpha^{\aleph_\gamma} = \aleph_{\xi_m}^{\aleph_{cf(\xi_m)}} \cdot \aleph_\alpha^{\aleph_\gamma}, \qquad (\mu \geqq \xi)$$

d. h.

$$\aleph_\alpha^{\aleph_\xi} = \aleph_\alpha^{\aleph_{\xi+1}} = \cdots = \aleph_\alpha^{\aleph_\mu} = \cdots \qquad (\mu < \beta)$$

und daher

$$\aleph_\alpha^{\aleph_\mu} = \aleph_\alpha^{\aleph_\xi} = \aleph_\alpha^{\aleph_\xi} \cdot 2^{\aleph_\mu}.$$

Zweiter Fall: $cf(\alpha) = \gamma \geqq \beta$.
Nach Satz II gilt für jedes $\mu < \beta$

$$\aleph_\alpha^{\aleph_\mu} = \aleph_{\xi_\mu}^{\aleph_\mu} \cdot \aleph_\alpha \qquad (\xi_\mu < \alpha)$$

wo ξ_μ die kleinste diese Gleichung befriedigende Ordnungszahl bedeute. Wenn alle Glieder der Reihe

$$\xi_0, \xi_1, \ldots \xi_\mu, \ldots \qquad (\mu < \beta)$$

gleich 0 sind, so ist unsere Behauptung evident. Nehmen wir also an, dass die Reihe auch von 0 verschiedene Glieder enthält und es sei unter diesen ξ_μ vom kleinsten Index. Da in diesem Falle alle Glieder der Reihe

$$\left\{\aleph_\nu^{\aleph_\mu}\right\} \qquad (\xi_\mu \leqq \nu \leqq \alpha)$$

gleich sind, gilt

$$\xi_\mu \geqq \xi_{\mu+1} \geqq \xi_{\mu+2} \geqq \cdots$$

Die Glieder der Reihe ξ_μ, $\xi_{\mu+1}, \ldots$ sind also von einem bestimmten Gliede ξ_m an gleich. Es gibt also in diesem Falle eine Ordnungszahl ξ, bei welcher für alle $\mu \geqq \xi$

$$\aleph_\alpha^{\aleph_\mu} = \aleph_{\xi_m}^{\aleph_\mu} \cdot \aleph_\alpha .$$

Wenn $\xi_m = 0$, so ist unsere Behauptung bereits bewiesen. Wenn aber $\xi_m \neq 0$, so sind die Reihen

$$\left\{\aleph_x^{\aleph_\mu}\right\} \qquad (x < \xi_m)$$

für alle $\mu \geqq \xi$ (sogar für alle $\mu < \beta$) wachsende Reihen und daher ist nach Satz I für alle $\mu \geqq \xi$

$$\aleph_{\xi_m}^{\aleph_\mu} = \aleph_{\xi_m}^{\aleph_{cf(\xi_m)}},$$

also ist in diesem Falle

$$\aleph_\alpha^{\aleph_\mu} = \aleph_{\xi_m}^{\aleph_{cf(\xi_m)}} \cdot \aleph_\alpha, \qquad (\mu \geqq \xi)$$

d. h.

$$\aleph_\alpha^{\aleph_\xi} = \aleph_\alpha^{\aleph_{\xi+1}} = \cdots = \aleph_\alpha^{\aleph_\mu} = \cdots \qquad (\mu < \beta)$$

und daher

$$\aleph_\alpha^{\aleph_\mu} = \aleph_\alpha^{\aleph_\xi} = \aleph_\alpha^{\aleph_\xi} \cdot 2^{\aleph_\mu}, \quad \text{q. e. d.}$$

Durch Summierung ergibt sich aus dem Satz VI der weitere

Satz VII. *Ist α eine beliebige und β eine Limeszahl, so existiert ein $\xi < \beta$, für welches*

$$\sum_{\mu<\beta} \aleph_\alpha^{\aleph_\mu} = \aleph_\alpha^{\aleph_\xi} \cdot \sum_{\mu<\beta} 2^{\aleph_\mu}. \qquad (a)$$

§ 5.

Satz VIII. *Ist β eine Limeszahl und $\aleph_\alpha \geq \sum_{\mu<\beta} 2^{\aleph_\mu}$, so sind die Glieder der Reihe*

$$\aleph_\alpha^{\aleph_0},\ \aleph_\alpha^{\aleph_1},\ldots\ \aleph_\alpha^{\aleph_\mu},\ldots \qquad (\mu<\beta)$$

von einem bestimmten Gliede an gleich.[1]

Dieser Satz ist eine unmittelbare Folgerung des Satzes VII. Im entgegengesetzten Falle ist nämlich für alle $\xi < \beta$

$$\sum_{\mu<\beta} \aleph_\alpha^{\aleph_\mu} > \aleph_\alpha^{\aleph_\xi}.$$

Nach Satz VII aber folgt im Widerspruche mit dieser Ungleichung

$$\sum_{\mu<\beta} \aleph_\alpha^{\aleph_\mu} = \aleph_\alpha^{\aleph_\xi} \cdot \sum_{\mu<\beta} 2^{\aleph_\mu} = \aleph_\alpha^{\aleph_\xi}. \qquad (\xi<\beta)$$

Wird also α hinreichend gross gewählt, so kann die obige Reihe tatsächlich nicht wachsend sein.

Satz IX. *Für das kleinste $\aleph_\alpha$, bei welchem, β als fixe Limeszahl vorausgesetzt, die Reihe*

$$\aleph_\alpha^{\aleph_0},\ \aleph_\alpha^{\aleph_1},\ldots\ \aleph_\alpha^{\aleph_\mu},\ldots \qquad (\mu<\beta)$$

nicht wachsend ist, gilt die folgende Ungleichung:

$$\aleph_\alpha < 2^{\aleph_\beta}.$$

In Anbetracht, dass $\aleph_\beta < 2^{\aleph_\beta}$, ist der Satz gültig, wenn die Reihe

$$\aleph_\beta^{\aleph_0},\ \aleph_\beta^{\aleph_1},\ldots\ \aleph_\beta^{\aleph_\mu},\ldots \qquad (\mu<\beta)$$

nicht wachsend ist. Ist sie aber wachsend, so sei

$$\sum_{\mu<\beta} \aleph_\beta^{\aleph_\mu} = \aleph_\alpha.$$

---

[1] Die Reihe kann also keine wachsende Teilreihe (vom Typus ω) $\aleph_\alpha^{\aleph_{\mu_1}} < \aleph_\alpha^{\aleph_{\mu_2}} < \cdots$ enthalten, weil in diesem Falle der Satz VIII für $\lim \mu_n \leq \beta$ unrichtig wäre.

Nach dem Satze von KŐNIG—JOURDAIN ist in diesem Falle

$$\aleph_\alpha = \sum_{\mu<\beta} \aleph_\beta^{\aleph_\mu} < \prod_{\mu<\beta} \aleph_\beta^{\aleph_\mu} = 2^{\aleph_\beta}.$$

Andererseits gilt nach Satz I

$$\aleph_\alpha^{\aleph_\mu} = \aleph_\alpha, \text{ wenn } cf(\alpha) > \mu$$

und

$$\aleph_\alpha^{\aleph_\mu} = \aleph_\alpha^{\aleph_{cf(\alpha)}}, \text{ wenn } cf(\alpha) \leqq \mu,$$

und so kann die Reihe

$$\aleph_\alpha^{\aleph_0}, \aleph_\alpha^{\aleph_1}, \ldots \aleph_\alpha^{\aleph_\mu}, \ldots \qquad (\mu<\beta)$$

keine wachsende sein.

Eine ähnliche Betrachtung führt auch zum folgenden Satz:

Satz X. *Ist β eine Limeszahl und $cf(\beta) < \beta$, so gilt:*

$$2^{\aleph_\beta} = \aleph_\xi^{\aleph_\xi},$$

wo $\xi < \beta$ und $\aleph_\xi < 2^{\aleph_\beta}$ ist.

§ 6.

Während auf Grund des Satzes V. die (TARSKI'sche) Vermutung

$$\aleph_\alpha^{\aleph_\beta} = 2^{\aleph_\beta} . \aleph_\alpha^{\aleph_{cf(\alpha)}} \qquad (cf(\alpha) \leqq \beta) \qquad (10)$$

in Specialfällen sich als gültig erweist, konnte ich den Satz

$$\aleph_\alpha^{\aleph_\beta} = 2^{\aleph_\beta} . \aleph_\alpha \qquad (cf(\alpha) > \beta) \qquad (11)$$

mit den bisherigen Methoden in keinem Spezialfalle beweisen. Da aus diesen Sätzen bezüglich des Alefproblems weittragende Schlüsse gezogen werden können, betrachte ich diese zwei Sätze als *fundamentale Probleme* der Mengenlehre.

Nach (11) ist nämlich, wenn nur $\aleph_{\alpha+\Omega_1} \geqq 2^{\aleph_0}$,

$$\aleph_{\alpha+\Omega_1}^{\aleph_0} = \aleph_{\alpha+\Omega_1}; \qquad (12)$$

ist aber $\aleph_{\alpha+\Omega_1} > 2^{\aleph_\beta}$, wo $\beta \geqq 1$, so gilt nach (10) und (11)

$$\aleph_\alpha^{\aleph_\beta} \leqq \aleph_{\alpha+\omega}^{\aleph_\beta} = 2^{\aleph_\beta} . \aleph_{\alpha+\omega}^{\aleph_0} \leqq \aleph_{\alpha+\Omega_1}^{\aleph_0} = \aleph_{\alpha+\Omega_1}. \qquad (13)$$

Da nach dem KÖNIG—JOURDAIN'schen Satz $\aleph_\alpha^{\aleph_1} + \aleph_{\alpha+\Omega_1}$ ist, folgt aus (13)

$$\aleph_\alpha^{\aleph_\beta} < \aleph_{\alpha+\Omega_1}. \tag{14}$$

Auf Grund der zwei Hypothesen gilt diese Relation also für jedes $\aleph_\alpha$, bezüglich dessen $\aleph_{\alpha+\Omega_1} > 2^{\aleph_\beta}$ ist.[1] Da es immer ein α gibt, für welches $\aleph_\alpha^{\aleph_0} = 2^{\aleph_\alpha}$ ist,[2] können wir auf Grund der zwei Hypothesen behaupten, dass sich immer ein solches $\aleph_\alpha$ angeben lässt, für welches

$$2^{\aleph_\alpha} < \aleph_{\alpha+\Omega_1}. \tag{15}$$

Es ist zu bemerken, dass auf Grund der Formeln (1) und (6) beide Hypothesen in der folgenden gemeinsamen Form ausgedrückt werden können:

Ist β eine beliebige und α eine Limeszahl, so gilt:

$$\sum_{\xi<\alpha} \aleph_\xi^{\aleph_\beta} = 2^{\aleph_\beta}.\aleph_\alpha. \tag{16}$$

§ 7.

Die Vermutung (10) wird durch den folgenden Satz ausserordentlich wahrscheinlich:

Satz XI. *Ist α eine Limeszahl und $cf(\alpha) < \alpha$, so existiert ein $\xi < \alpha$, bei welchem für alle $x \geqq \xi$*

$$\aleph_\alpha^{\aleph_x} = 2^{\aleph_x}.\aleph_\alpha^{\aleph_{cf(\alpha)}}.$$

Im entgegengesetzten Falle gibt es nämlich ein kleinstes $x = \beta \geqq cf(\alpha)$, für welches

$$\aleph_\alpha^{\aleph_\beta} + 2^{\aleph_\beta}.\aleph_\alpha^{\aleph_{cf(\alpha)}}.$$

---

[1] Wenn also $\aleph_\alpha \geqq 2^{\aleph_\beta}$, dann ist (14) eo ipso gültig.

[2] Wenn z. B. $2^{\aleph_{\alpha_0}} = \aleph_{\alpha_1}$; $2^{\aleph_{\alpha_1}} = \aleph_{\alpha_2}$; ... $2^{\aleph_{\alpha_n}} = \aleph_{\alpha_{n+1}}$; ... und $\lim_{\mu<\omega} \alpha_n = \alpha$, so ist auf Grund des Satzes I $\aleph_\alpha^{\aleph_0} = 2^{\aleph_\alpha}$.

Nach Satz IV ist

$$\aleph_\alpha^{\aleph_\beta} = \aleph_\xi^{\aleph_\beta} . \aleph_\alpha^{\aleph_{cf(\alpha)}} \qquad (\xi < \alpha)$$

und in diesem Falle sind alle Glieder der Reihe

$$\aleph_\xi^{\aleph_\beta}, \ \aleph_{\xi+1}^{\aleph_\beta}, \ldots \ \aleph_\mu^{\aleph_\beta}, \ldots \qquad (\xi \leqq \mu < \alpha)$$

und mit denselben auch die der Reihe

$$\aleph_\xi^{\aleph_x}, \ \aleph_{\xi+1}^{\aleph_x}, \ldots \ \aleph_\mu^{\aleph_x}, \ldots \qquad (\xi \leqq \mu < \alpha)$$

gleich, wenn nur $x \geqq \beta$; also gilt

$$\aleph_\alpha^{\aleph_x} = \aleph_\xi^{\aleph_x} = \aleph_\xi^{\aleph_x} . \aleph_\alpha^{\aleph_{cf(\alpha)}} . \tag{17}$$

Wenn wir nun x so gross wählen, dass $\aleph_\xi^{\aleph_x} = 2^{\aleph_x}$ ist, so drückt die Gleichheit (17) unseren letztausgesprochenen Satz aus.

Aus dem Satz XI ergibt sich folgende Formel:

$$\sum_{x<\alpha} \aleph_\alpha^{\aleph_x} = \aleph_\alpha^{\aleph_{cf(\alpha)}} . \sum_{x<\alpha} 2^{\aleph_x}, \tag{18}$$

wenn α eine solche Limeszahl ist, für welche $cf(\alpha) < \alpha$.

Satz XII. *Ist α eine Limeszahl und $cf(\alpha) = \alpha$, so gibt es (vorausgesetzt, dass es ein solches α überhaupt existiert) ein $\xi < \alpha$, bei welchem für alle $x \geqq \xi$*

$$\aleph_\alpha^{\aleph_x} = 2^{\aleph_x} . \aleph_\alpha .$$

Im entgegengesetzten Falle gibt es nämlich ein kleinstes $x = \beta$, für welches

$$\aleph_\alpha^{\aleph_\beta} \neq 2^{\aleph_x} . \aleph_\alpha .$$

Nach Satz II. ist

$$\aleph_\alpha^{\aleph_\beta} = \aleph_\xi^{\aleph_\beta} . \aleph_\alpha ,$$

es sind also in diesem Falle alle Glieder der Reihe

$$\aleph_\xi^{\aleph_\beta}, \ \aleph_{\xi+1}^{\aleph_\beta}, \ldots \ \aleph_\mu^{\aleph_\beta}, \ldots \qquad (\xi \leqq \mu < \alpha)$$

und mit denselben auch die der Reihe

$$\aleph_\xi^{\aleph_x}, \ \aleph_{\xi+1}^{\aleph_x}, \ldots \ \aleph_\mu^{\aleph_x}, \ldots \qquad (\xi \leqq \mu < \alpha)$$

gleich, wenn nur $x \geqq \beta$; also gilt

$$\aleph_\alpha^{\aleph_x} = \aleph_\xi^{\aleph_x} = \aleph_\xi^{\aleph_x} . \aleph_\alpha. \tag{19}$$

Wenn wir nun x so gross wählen, dass $\aleph_\xi^{\aleph_x} = 2^{\aleph_x}$ ist, so drückt die Gleichheit (19) unseren Satz aus.

Aus dem Satz XII ergibt sich folgende Formel:

$$\sum_{x<\alpha} \aleph_\alpha^{\aleph_x} = \sum_{x<\alpha} 2^{\aleph_x}, \tag{20}$$

wenn α eine solche Limeszahl ist, für welche $cf(\alpha) = \alpha$.

§ 8.

Auf die Vermutung (11) bezieht sich folgender Satz:

Satz XIII. *Ist α eine Limeszal und $cf(\alpha) > 0$, so existiert ein $\xi < \alpha$, für welches*

$$\aleph_\alpha^{\aleph_\xi} = 2^{\aleph_\xi} . \aleph_\alpha. \tag{21}$$

Ist ξ_k die kleinste Wurzel dieser Gleichung, so sind die Ordnungszahlen

$$\xi_k + \mu \qquad (\mu < cf(\alpha))$$

auch Wurzeln der Gleichung.

Es sei nämlich β eine Ordnungszahl, bezüglich deren $cf(\alpha) \leqq \beta < \alpha$,[1] und betrachten wir die Reihe

$$\aleph_0^{\aleph_\beta},\ \aleph_1^{\aleph_\beta}, \ldots\ \aleph_\omega^{\aleph_\beta}, \ldots\ \aleph_\mu^{\aleph_\beta}, \ldots \qquad (\mu < \alpha)$$

Ist diese Reihe wachsend, so ist nach Satz I für alle $\xi < cf(\alpha)$

$$\aleph_\alpha^{\aleph_\xi} = \aleph_\alpha = 2^{\aleph_\xi} . \aleph_\alpha.$$

Unsere Behauptung erweist sich daher in diesem Falle als richtig.

Wenn aber die Glieder der Reihe von einem bestimmten Gliede $\aleph_\xi^{\aleph_\beta}$ an gleich sind, d. h. wenn

[1] Ist $cf(\alpha) = \alpha$, so existiert ein solches β nicht. Nach Satz XII aber unsere Behauptung ist auch in diesem Falle gültig.

$$\aleph_\xi^{\aleph_\beta} = \aleph_{\xi+1}^{\aleph} = \cdots = \aleph_\mu^{\aleph_\beta} = \cdots, \qquad (\mu \leqq \alpha)$$

so ist für alle $x \geqq \beta$

$$\aleph_\alpha^{\aleph_x} = \aleph_\xi^{\aleph_x} = \aleph_\xi^{\aleph_x} . \aleph_\alpha. \tag{22}$$

Wenn wir nun x so gross wählen, dass $\aleph_\xi^{\aleph_x} = 2^{\aleph_x}$ ist, so drückt die Gleichheit (22) unseren letztausgesprochenen Satz aus.

§ 9.

Die Sätze (10) und (11) sind vorläufig nicht beweisbar, trotzdem sie durch die Sätze XI und XIII als wahrscheinlich erscheinen. Auf Grund dieser zweier Vermutungen können wir noch immer nicht auf die Existenz eines solchen x folgern, für welches

$$2^{\aleph_x} < \aleph_{x+\omega}.$$

Folgender Satz ist dagegen leicht beweisbar.

Satz XIV. *Wenn eine konstante Ordnungszahl a existiert, bei welcher für alle x*

$$2^{\aleph_x} = \aleph_{x+a}, \tag{23}$$

so kann a nur eine endliche Zahl sein ($a < \omega$).

Ist nämlich a nicht endlich, so ist a von der Form $\xi + n$, wo ξ eine Limeszahl und n eine endliche Zahl (oder 0) ist.

Dies führt aber zu einem Widerspruch, denn nach (23) gilt für jedes $\mu < \xi$

$$2^{\aleph_{\xi+\mu}} = 2^{\aleph_\xi} = \aleph_{\xi.2+n}\ ^{1}$$

und

$$2^{\aleph_{\xi.2}} = \aleph_{\xi.3+n},$$

also

$$2^{\aleph_\xi} < 2^{\aleph_{\xi.2}}.$$

---

[1] Im entgegengesetzten Falle gibt es nämlich ein kleinstes $\mu = \beta < \xi$, für welches $2^{\aleph_{\xi+\beta}} > 2^{\aleph_\xi}$. Dies führt aber wegen

$$2^{\aleph_{\xi+\beta}} = \prod_{\mu<\beta} 2^{\aleph_{\xi+\mu}} = \prod_{\mu<\beta} 2^{\aleph_\xi} = (2^{\aleph_\xi})^\beta = 2^{\aleph_\xi}$$ zu einem Widerspruch.

Andererseits folgt aber auch

$$2^{\aleph_\xi}.2 = \prod_{\mu<\xi} 2^{\aleph_{\xi+\mu}} = \prod_{\mu<\xi} 2^{\aleph_\xi} = \left(2^{\aleph_\xi}\right)^{\xi} = 2^{\aleph_\xi}.$$

α kann also nur eine endliche Zahl sein, q. e. d.[1]

---

[1] Der Satz kann leicht verallgemeinert werden z. B. folgendermassen. *Wenn zwei konstante Ordnungszahlen α und β existieren, bei welchen für alle x*

$$2^{\aleph_x} = \aleph_{x.\beta+\alpha}$$

ist, so ist α eine endliche und β keine Limeszahl. Dasselbe gilt auch dann, wenn $2^{\aleph_x} = \aleph_{x^\beta+\alpha}$ ist.

ERLÄUTERUNGEN DER GESETZMÄSSIGKEITEN IM ABLAUFE DER LEBENSERSCHEINUNGEN LEBENDER WESEN.

(IV. Mitteilung.) [1]

Von FRANZ KÖVESSI (Sopron).

Vorgelegt der III. Klasse der Ung. Akademie der Wiss. in der Sitzung vom 3. Juni 1929. durch A. MÁGOCSY-DIETZ, ord. Mitglied der Akademie.

Die Änderung der biomotorischen Kraft, die bei der Zellteilung eine periodische Schwingung zeigt.

In der I. Mitteilung[2] habe ich bewiesen, dass die Gesetzmässigkeit im Wachstum und in verschiedenen damit zusammenhängenden Lebenserscheinungen übereinstimmt mit der Gesetzmässigkeit der aperiodisch gedämpften Schwingung, wenn man die Elongation s der Schwingung mit jener Lebenserscheinung proportional annimmt. Die Gleichung, welche die Gesetzmässigkeit ausdrückt, enthält vier Koeffizienten. In der III. Mitteilung suchte ich die biophysikalische Erklärung dieser Koeffizienten w, r, a, b. Von w und r habe ich festgestellt, dass w einen Proportionalitätsfaktor der bei den Lebensfunktionen wirkenden biomotorischen Kraft bedeutet, während r einem Proportionalitätsfaktor der bei den Lebensfunktionen wirkenden Dämpfungen

---

[1] Ungarisch erschienen unter dem Titel: *Az élőlények fejlődése szabályosságának a magyarázata.* Mathematikai és Természettudományi Értesítő XLVI (1929, S. 458—482). Daselbst auch eine kurze deutsche Zusammenfassung (S. 483—486).

[2] Die Mitteilungen I—III erschienen in diesen *Berichten*, Bd. XXXVI (1929,) S. 29—98.

entspricht. Die Koeffizienten a und b habe ich auf Grund von biologischen und analytisch-mechanischen Erwägungen durch w und r und durch die Anfangsgeschwindigkeit $v_0 = \left(\frac{ds}{dt}\right)_{t=0}$ ausgedrückt, so dass $a = -b = v_0 : \sqrt{r^2 - w^2}$. Mit Hilfe dieser Gleichung konnte ich die vier Koeffizienten auf drei: w, r, v_0 reduzieren, deren jeder mit einem biologischen Sinne versehen ist.

Wir sahen auch auf Grund analytischer Erörterungen der III. Mitteilung, dass die Lebewesen die durch die Grundfaktoren w, r, v_0, ausgedrückten Fähigkeiten von ihren Eltern mitbekommen und dass es von grösster Wichtigkeit ist, dass die Nachkommen je günstigere w, r, v_0 Eigenschaften erhalten; denn selbst unter den allergünstigsten biologischen Verhältnissen bestimmen w, r, v_0 die Intensität der Entwicklung des Lebewesens, die «Lebensfähigkeit» des Organismus, seine *Arbeitsfähigkeit*. Im Laufe meiner Arbeit betonte ich auch, dass die Grössen w, r, v_0 nicht konstant bleiben während des ganzen Lebens der Eltern, sondern sie sich je nach deren äusseren und inneren biologischen Verhältnissen ändern. Daraus leuchtet ein, dass die Nachkommen, die die Eltern zu verschiedenen Zeiten zeugen, keine gleichen sein werden, weil für die zu verschiedenen Zeiten Gezeugten die mitbekommenen Grössen w, r, v_0 verschiedene Werte hatten. Also wird auch ihre Arbeitsfähigkeit, resp. ihre Entwicklungsintensität verschieden sein.

Aufgabe meiner gegenwärtigen Arbeit ist wirklich zu zeigen, dass die zu verschiedenen Zeiten aus derselben Pflanzenzelle durch vegetative Vermehrung entstandenen Nachkommen nicht ihre gleiche Entwicklung aufweisen, weil sie eben nicht mit gleicher biomotorischen Kraft geboren wurden.

Wenn wir die Entwicklung der höher organisierten Pflanzen überblicken, so werden wir vorerst konstatieren, dass sich jedes auf geschlechtlichem Wege entstandene Lebewesen aus einer einzigen Zelle, der befruchteten Eizelle entwickelt; die durch die vielmalige Teilung dieser Zelle entstandene Nachkommenschaft bildet den Körper des Lebewesens. Desgleichen ist es eine wohlbekannte, aber doch rätselhafte Erscheinung, *dass die aus*

dieser einzigen Zelle entstandenen anderen Zellen vom Standpunkte der Weiterentwicklung und Vermehrung des Lebewesens nicht gleichartige Eigenschaften besitzen.

Untersuchen wir die vegetativen Zellen, so sehen wir, dass es bei irgend einer höher organisierten Pflanze, z. B. bei einem Laubbaum, unter den entstandenen Zellen: Gefässe, Tracheiden, Siebröhren, Begleitzellen etc. solche gibt, welche verhältnismässig gross werden, inzwischen aber ihre Regenerations- und Fortpflanzungsfähigkeit verlieren, sich in Dauergewebe umwandeln und meist in kurzer Zeit absterben. Demgegenüber entstehen auch solche Zellen, welche kleiner bleiben, länger leben und längere Zeit hindurch regenerations- und teilungsfähig bleiben. Es sind dies die sogenannten *Meristemzellen*, wie z. B. *das Cambium*, so wie *die Initialzellen des Vegetationspunktes*, welche die grösste Entwicklungsfähigkeit besitzen und sie auch längere Zeit behalten. Es ist ja bekannt, dass z. B. bei unseren Laubbäumen die Nebenknospen ebenso entwicklungsfähig sind, wie die der Hauptachse, oder dass sie auf vegetativem Wege z. B. durch Okulation, Pfropfen, Stecklinge etc. sich zu Pflanzen gleich den Mutterpflanzen entwickeln.

Es ist klar, dass diese verschiedene Entwicklungsfähigkeiten zeigende Zelltypen — vom Gesichtspunkte der Lebensfähigkeit betrachtet — nicht gleiche Arbeitsfähigkeit besitzen. Wir können dies auch so ausdrücken, dass *das Potential ihrer biomotorischen Energie ungleich ist,* und zwar darum, weil die Koeffizienten w, r, v_0 — die in Proportion stehen zu der die Arbeit leistenden biomotorischen *Kraft,* respektive zur Dämpfung und zu der Anfangsgeschwindigkeit, welche die Grösse s der Elongationen und deren Ablauf in der Zeit t definieren — bei den die verschiedenen Eigenschaften zeigenden Zellen ebenfalls ungleiche sind.

Wieso aus derselben einzigen befruchteten Eizelle diese verschiedenen Zelltypen mit verschiedenen Eigenschaften, wie die Meristemzellen, die Tracheen, Tracheiden, Siebröhren, Begleitzellen, ferner die Holz- und Bastparenchymzellen, Holz- und Bastfasern, dann ihre Übergangsformen etc. entstehen, darüber geben uns, meines Wissens, die einschlägigen Literaturangaben keinerlei Aufklärung.

In diesem Dunkel glaube ich zu erblicken, dass diese fraglichen Erscheinungen im engsten Zusammenhange stehen einerseits mit den in meinen vorhergegangenen Mitteilungen mit Hilfe der *aperiodisch gedämpften Schwingung* beschriebenen Gesetzmässigkeit, andererseits mit der Gesetzmässigkeit der *periodisch gedämpften Schwingung,* die ich im folgenden erläutern will. Nach meinen Erfahrungen kann nämlich die vorher erwähnte Veränderlichkeit in der Entwiklungsfähigkeit, also in der Arbeitsfähigkeit der Zellen mit der Veränderlichkeit der in den Zellen wirkenden biomotorischen Kraft, die nach den Schwingungsgesetzen vor sich geht, einheitlich erklärt werden. Und andererseits ist die natürliche Folge der periodisch sich abspielenden *Zellteilung* und *Regeneration* eine schwingungsmässige Veränderung der sie verursachenden biomotorischen Kraft.

Um diesen Gedankengang auf sichere Grundlage zu bauen, will ich hinweisen:

I. *a)* auf den bei der Zellteilung sich zeigenden periodischen Verlauf und damit auf die periodischen Änderungen der biomotorischen Kraft;

b) auf den bei dem Zellwachstum wahrnehmbaren aperiodischen Verlauf und damit auf die aperiodischen Änderungen der biomotorischen Kraft;

c) auf die Übergangsfälle zwischen beiden;

II. auf die Erklärung der physikalischen Bedingungen und biologischen Beziehungen der periodischen und aperiodischen Schwingung.

In einer folgenden Mitteilung werde ich mich bemühen die hier beschriebenen Erörterungen mit Experimenten zu beweisen.

*

I. *a)* Den Verlauf der Zellteilung kennen wir dank der Untersuchungen von Flemming, Strasburger und vielen anderen Forschern ziemlich genau. Die Hauptphasen der bei der Zellvermehrung höherer Pflanzen und Tiere auftretenden indirekten Zellteilung (Mitosis, Karyokinesis) zeigt die beigefügte Fig. 1.

Man unterscheidet bei der indirekten Zellteilung die vorbereitende Phase (Prophasis: Zeichnung *A. B.*); die Hauptphase,

während welcher sich die Chromosomen spalten (Metaphasis: Zeichnung *C.*) und die Schlussphase (Anaphasis-Teleophasis: Zeichnungen *D. E. F.*). Wir müssen daran noch eine vierte

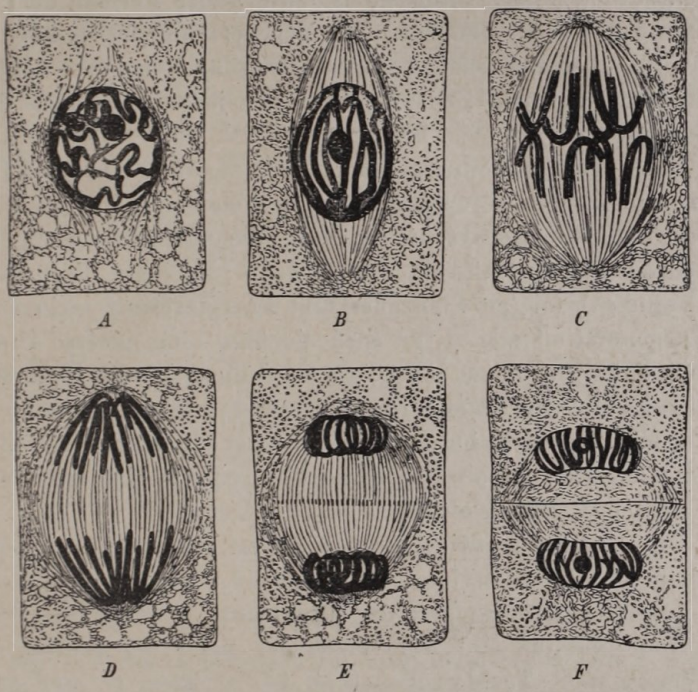


Fig. 1. Hauptphasen der Zellkern- und Zellteilung in einer embryonalen Zelle aus der Wurzelspitze von *Allium cepa*. Nach HABERLANDT etwas schematisiert. — *A.* Die erste Erscheinung in der sich zu teilen beginnenden Zelle ist das Kürzer- und Dickerwerden der Fäden des Kerngerüstes, welche dann in Stücke zerfallen. — *B.* Sodann wird der Zellkern von feinen Plasmafäden umgeben, aus denen sich die zwischen den beiden Polen ausgespannte Kernspindel bildet. — *C.* Nachher postieren sich die Chromosomen, in der Aequatorialebene und hier beginnt das wichtigste Moment der Zellteilung: die Chromosomen spalten sich der Länge nach. — *D.* Die so entstandenen Chromosomenteile bewegen sich gegen die Spitzen der Kernspindel und gelangen in die beiden Pole. — *E* Sodann treffen die Enden der Chromosomenteile zusammen, ziehen sich zusammen und werden zu zwei selbständigen Zellkernen. — *F.* In der Aequatorialebene entsteht die Zellwand, die die beiden Zellkerne und das sie umgebende Plasma in zwei selbständige Zellen teilt.

Phase anschliessen, welche wir «Interphase» genannt haben, die bisher nicht genügend in Betracht gezogen wurde, die aber *von energetischem Standpunkt sehr wichtig ist: die sogenannte Regenerationsphase.* Ohne sie ist eine ganze Periode der Entwicklung gar nicht denkbar. Die Regenerationsphase finden wir nicht nur bei der indirekten, sondern auch bei der direkten Zellteilung, bei der Zellsprossung, bei jeder beliebigen Zellteilung.

Nach meiner Meinung müssen wir eigentlich bei der Zellvermehrung zwei Hauptphasen unterscheiden: die *Teilungsphase* und die *Regenerationsphase,* die einander ständig und periodisch folgen müssen. Denn wenn die Zelle ihren durch die Teilung erfolgten Substanz- und Energieverlust nicht durch die Regeneration ersetzt, so wird sie über eine gewisse Grenze hinaus unfähig sich zu teilen, sie wird ihren Meristemcharakter verlieren und nur mehr als Dauerzelle weiter existieren; als solche wird sie, die Bahn der aperiodisch gedämpften Schwingung verfolgend, ihre Arbeitsfähigkeit früher oder später erschöpfen, bis dann der Zelltod eintritt.

Die bei der Entwicklung der Zellen sich zeigenden periodischen und aperiodischen Erscheinungen können wir auf Grund der folgenden Erfahrungen und Überlegungen verstehen:

Der Energie- und Stoffvorrat der nach der Teilung entstandenen zwei Tochterzellen (Fig. 1 *F.*), wenn er inzwischen durch die Ernährung keinen wesentlichen Zuwachs bekommen hat, wird beiläufig auf die Hälfte des Mutterzellenvorrates (Fig. 1 *A.*) reduziert sein. Genügt dieser Vorrat noch zu einer neuen Teilung, so wird diese Teilung ohne jedwede Ruhepause sich wieder, sogar öfter wiederholen. Sind aber die Vorräte der Zelle im Laufe der Teilung erschöpft, so werden die Tochterzellen einige Zeit ruhen und während dieser Pause sich nähren und wachsen, damit sie ihren Stoff- und Energievorrat ersetzen; erst dann vermögen sie eine neue Teilungsperiode anzutreten. Dies ist der Vorgang, den wir *Regenerationsphase* nennen.

Das Bild der Periodizität wird noch klarer, wenn w^2 *gross,* r^2 *hingegen klein ist,* denn dann hat die Zelle eine grosse Leistungsfähigkeit, so dass sich die Teilungen oft wiederholen.

Stellen wir uns vor, dass sich eine Zelle 2, 3, 4,..., n-mal teilt. Im Anfang wiederholt sich die Teilung in kurzen Zeitintervallen. Wird aber der durch die Ernährung erfolgende Stoff- und Energieersatz geringer als der durch die fortwährende Zweiteilung hervorgerufene Verlust, so wird die anfangs sich rasch wiederholende Zellteilung allmälig langsamer; es kommt ein Moment, in welchem zwischen Energieverlust und Ersatz Gleichgewicht besteht. Dann aber kehrt sich das Verhältnis um, die

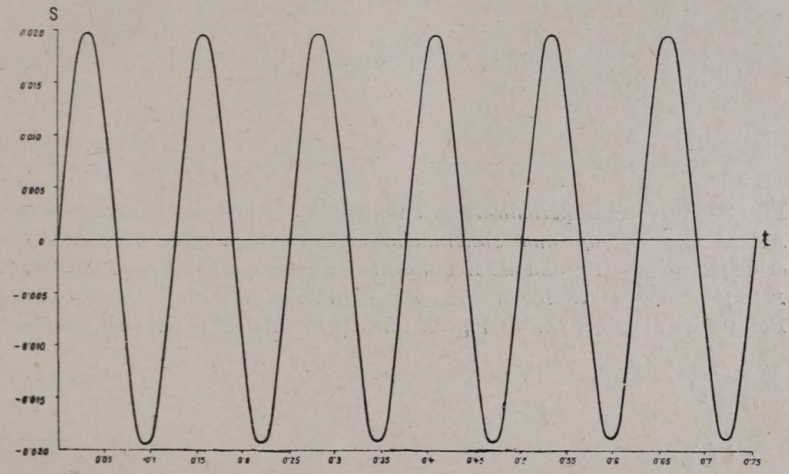


Fig. 2. Kurve der periodisch, aber sehr schwach gedämpften Schwingung, in welcher $r^2 < w^2$ und $r = 0{\cdot}05$, $w = 1000r = 49{\cdot}99997$, $v_0 = 1$, $M = \sqrt{w^2 - r^2} = 50$, $A = v_0 : M = 0{\cdot}02$. Die Formel (8 *b*) der Funktion ist aus (8) auf Grund von $r^2 < w^2$ abgeleitet: $s = A\, e^{-rt} \sin Mt$.

zu einer Zellteilung in Anspruch genommene Ernährungszeit und damit die Regenerationszeit wird grösser als der bei der Zellteilung eingetretene Verlust und auf diese Art wächst der Stoff- und Energievorrat der Zelle, bis die rasche Zellteilung von neuem beginnen kann und das vorige Spiel sich wiederholt.

Bei kleinem r^2 ist dieses Pendeln in der biomotorischen Kraft der sich teilenden Zelle annähernd der Kurve einer periodisch gedämpften Schwingung ähnlich (Fig. 2) und steht einer einfachen periodischen Schwingung nahe. Wenn aber die Regeneration unvollkommener wird und dadurch eine grössere

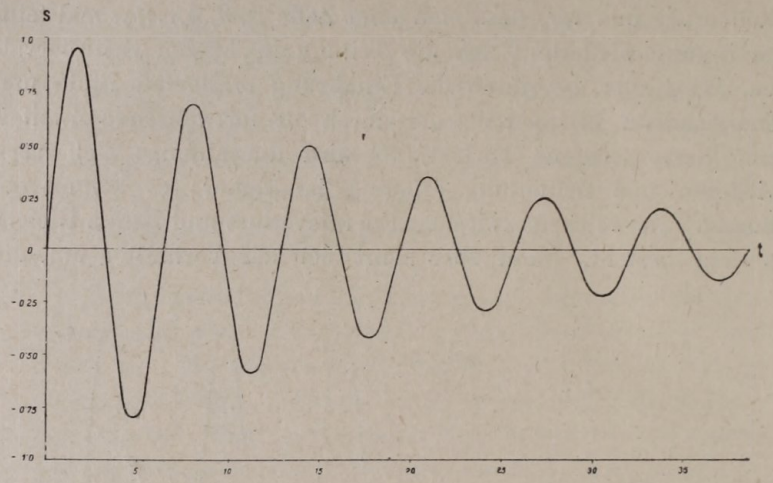


Fig. 3. Kurve der periodisch gedämpften einfachen Schwingung, deren Ablauf mit ständig und zunehmend sich verringernden Amplitudo geschieht; wo $r^2 < w^2$ und die Koeffizienten $r = 0{\cdot}05$, $w = 20$. $r = 1{\cdot}00$, $v_0 = 1$, $M = \sqrt{w^2 - r^2} = 0{\cdot}99875$, $A = v_0 : M = 1{\cdot}00125$. Form und Ableitung der Formel ist dieselbe, wie in Fig. 2, nur der Koeffizient w hat sich geändert.

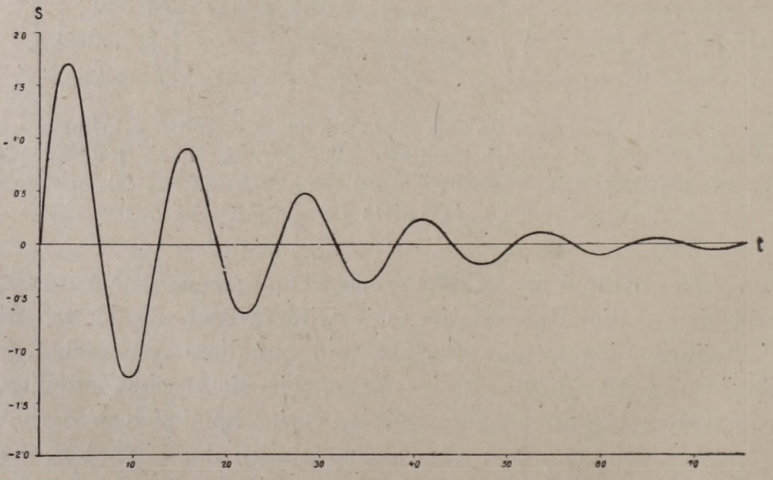


Fig. 4. Kurve der periodisch gedämpften einfachen Schwingung, wo $r^2 < w^2$ und $r = 0{\cdot}05$, $w = 10$. $r = 0{\cdot}5$, $v_0 = 1$, $M = \sqrt{w^2 - r^2} = 0{\cdot}4975$, $A = v_0 : M = 2{\cdot}01008$. Form und Ableitung der Formel ist dieselbe, wie in Fig. 2, nur der Koeffizient w hat sich geändert.

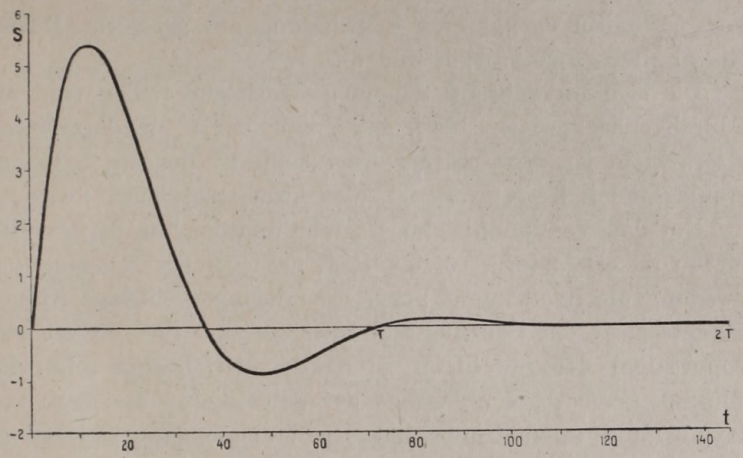


Fig. 5. Kurve der periodisch gedämpften einfachen Schwingung, wo $r^2 < w^2$ und $r=0{\cdot}05$, $w=2.r=0{\cdot}1$, $v_0=1$, $M=\sqrt{w^2-r^2}=0{\cdot}0866$, $A=v_0 : M=11{\cdot}547$. Form und Ableitung der Formel ist dieselbe wie in Fig. 2, nur der Koeffizient w hat sich geändert.

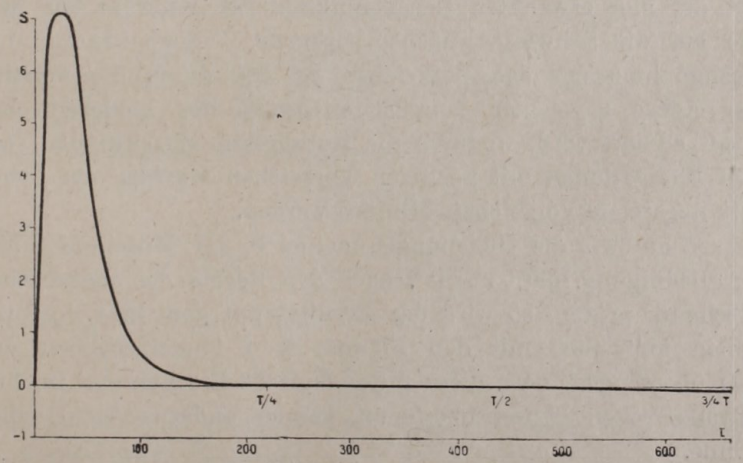


Fig. 6. Kurve der periodisch gedämpften einfachen Schwingung, wo $r^2 < w^2$ und $r=0.05$, $w=1{\cdot}02.r=0{\cdot}051$, $v_0=1$, $M=\sqrt{w^2-r^2}=0{\cdot}01005$, $A=v_0 : M=99{\cdot}503$. Form und Ableitung der Formel ist derselbe, wie in Fig. 2, nur w hat sich geändert.

Dämpfung auftritt, so wird dieses Pendeln offenbar der Kurve einer periodisch gedämpften Schwingung mit grösserer Dekreszenz ähnlich (Fig. 3, 4, 5 und 6).

Die sich fortwährend teilenden (Meristem) Zellen sind also dadurch charakterisiert, dass der Koeffizient r^2 des Dämpfungsfaktors klein ist, während der Koeffizient w^2 der die Bewegung veranlassenden Kraft gross ist, also kurz ausgedrückt: $r^2 < w^2$.

Um das Verständnis der Begriffe und der hier dargestellten Kurven zu erleichtern, sei bemerkt, dass bei der Schwingungsbewegung die Kraft immer gegen die Gleichgewichtslage (Gleichgewichtsachse der Schwingung) gerichtet und ihre Grösse stets proportional der jeweiligen Elongation ist. Daraus folgt, dass während einer ganzen Periode der Schwingung die Kraft zwei Maxima und zwei Minima hat. Die Maxima sind dort, wo die Elongationen, ohne Rücksicht auf das Vorzeichen, am grössten sind, während die Minima, also die Grössen Null, dort sind, wo die Elongationen Zero sind, d. h. also dort, wo die Kurve s die Achse der Schwingung (Gleichgewichtslage) schneidet.

Dieser allgemeine mechanische Zusammenhang spielt sich bei der hier erwähnten Lebensfunktion der Zelle so ab, dass die auf die Schwingungsachse bezogene Wellenbewegung (mit Bezugnahme auf das Vorzeichen) zu der durch die Position der Achse gegebenen Durchschnittsgrösse der biomotorischen Kraft addiert wird, wodurch die Nullpunkte verschwinden, aus den Elongationen mit positiven Vorzeichen Maxima, aus denen mit negativen Vorzeichen Minima werden.

Wenn wir die Gleichungen meiner I—III. Mitteilung unter der Bedingung, dass $r^2 < w^2$, nach den Regeln der analytischen Mechanik prüfen, so wird das Resultat mit dem hier Beschriebenen und auch mit den Figuren 2—6 übereinstimmen und uns überzeugen, dass diese physiologische Erscheinung im biophysikalischen Sinne überhaupt keinen andern Ablauf haben könne.

Die Ableitung dieser Zusammenhänge geschieht wie folgt.

1. In meiner III. Mitteilung sahen wir bezüglich der aperiodischen Schwingung, dass wenn $r^2 > w^2$, so ist

$$s = \frac{v_0}{\sqrt{r^2-w^2}} \cdot \frac{e^{-(r-\sqrt{r^2-w^2})t} - e^{-(r+\sqrt{r^2-w^2})t}}{2}, \qquad (8)$$

wo s die Elongation der Schwingung, v_0 die Anfangsgeschwindigkeit zur Zeit $t=0$, w der Koeffizient der die Bewegung verursachenden Kraft, r den Koeffizienten des Dämpfungsfaktors, t die laufende Zeit, e die Basis des natürlichen Logarithmus 2·71828... bedeutet. (Ferner gebrauchten wir öfters die Abkürzungen: $m=\sqrt{r^2-w^2}$; $a=v_0:m=v_0:\sqrt{r^2-w^2}$ Amplitude.) Die Gleichung (8) können wir mit Hilfe des *sinus hyperbolikus* (durch «sin h» bezeichnet) vereinfachen. Es ist dann

$$\frac{e^{t\sqrt{r^2-w^2}} - e^{-t\sqrt{r^2-w^2}}}{2} = \sin h\,(t\sqrt{r^2-w^2}),$$

also bei Einfügung der Abkürzungen

$$s = a\,e^{-rt} \sin h\, mt. \qquad (8a)$$

Für den Wert der Funktion *sinus hyperbolikus* gibt es Tabellen, welche die numerischen Berechnungen erleichtern.[1]

2. In dem bisher von uns nicht betrachteten Fall $r^2<w^2$ wird $\sqrt{r^2-w^2} = i\sqrt{w^2-r^2}$ imaginär, also (nach EULER)

$$\frac{e^{(i\sqrt{w^2-r^2})t} - e^{-(i\sqrt{w^2-r^2})t}}{2i} = \sin(t\sqrt{w^2-r^2}).$$

Setzen wir diesmal zur Abkürzung

$$M = \sqrt{w^2-r^2},$$

ferner

$$A = v_0 : M = v_0 : \sqrt{w^2-r^2} = \text{Amplitudo},$$

so geht die Gleichung (8) in

$$s = Ae^{-rt} \sin Mt \qquad (8b)$$

über, wo A, r, M reelle Grössen sind und «sin» den trigonometrischen Sinus bedeutet.

(8*b*) ist die Gleichung der periodischen gedämpften Schwin-

---

[1] W. LIGOWSZKY: *Tafeln der Hyperbelfunktionen.* Ernst und Korn Berlin, 1890.

gung, welche der Beschreibung I *a* und den Kurven 2—6 entspricht.

Die beschriebene rasche Teilung der Zellen von grosser Arbeitskraft ist kein Phantasiegebilde. Sie wird bewiesen durch die als «Vielzellbildung» bekannte Erscheinung einzelner Pflanzen mit typisch einkernigen Zellen. Ihr Ablauf geschieht oft so rasch, dass die Zellteilung nicht so schnell vor sich gehen kann, wie die Kernteilung, folglich die Kerne eine Zeit lang frei im Plasma sind und erst später *nach der Regenerationsphase* aus ihnen selbständige Zellen werden. Als typisches Beispiel finden wir in der Botanik STRASBURGER's (Aufl. 17, 1928. p. 18) die auch hier wiedergegebene Zeichnung (Fig. 7) der Vielzellbildung im Embryosack der Reseda, wo aus einem einzigen Zellkern durch fortwährende Zweiteilung auch tausende von Zellkernen entstehen können (für $n=10$ ist $2^{10}=1024$), die nachher durch Zellwände sich separieren und zu selbständigen Zellen auswachsen.

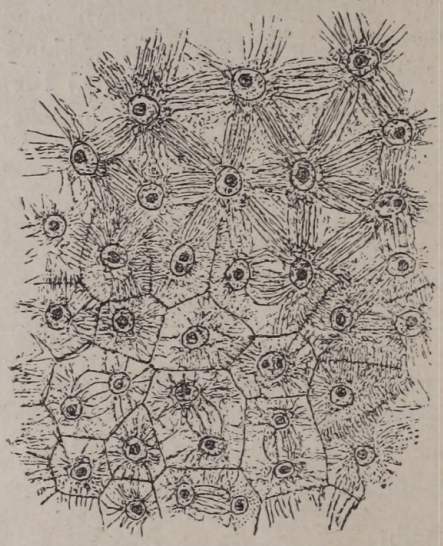


Fig. 7. Vielzellbildung im Embryosack der Reseda. Die Zellkerne entwickeln sich in rascher Teilung und die Zellwände baut das Protoplasma nachträglich während der Regenerationsphase auf. 240-fache Vergrösserung nach STRASBURGER.

Auch bei Algen und den Vermehrungsorganen der Pilze beobachtet man die Vielzellbildung.

Es kann für bestimmt angenommen werden, dass die rasch angehende, dann sich verlangsamende, wieder angehende und sich wieder verlangsamende, also *periodische Zellteilungserscheinung allgemein zu finden ist bei allen Zellen, mit grosser Arbeitsfähigkeit*, wie z. B. die befruchteten Eizellen, die Mutter-

zellen des Endosperms, die Initialzellen, die Vegetationspitze an Knospen und Wurzeln, resp. die aus diesen entstammenden Zellen der eine schnellere Teilung zeigenden Meristemgewebe etc.

Meine Untersuchungen an den Vegetationskegeln höherer Pflanzen, so wie an den Einzelligen, insbesonders den Gärungspilzen, unterstützen meine Ansicht, dass die Erscheinung eine allgemeine ist. Speziell meine Erfahrungen an den Gärungspilzen, sind gründlichere und daher will ich mich mit ihnen in einer späteren Publikation eingehender beschäftigen.

I. *b)* Im Gegensatz zu diesen sich fortwährend teilenden Zellen giebt es solche, die sich nicht teilen, sondern nur wachsen und eine individuelle Entwicklung besitzen. So ist der grösste Teil der lebenden Zellen beschaffen, resp. das ist das Loos der in ihrer Jugend teilungsfähigen, später aber alternden Zellen. Untersuchen wir: wie aus dem Gesagten der Entwicklungsgang dieser Zellen vor sich geht?

Es ist eine natürliche Folge, dass mit der Vermehrung der Zellen, beim Dämpfungskoeffizient r^2, der Kräftekoeffizient w^2 und damit die Arbeitsfähigkeit der Zelle in Folge ihrer vielmaligen Zweiteilung in die Nähe der unteren Grenze der Teilungsfähigkeit kommt. Wir wissen wohl noch nicht in welcher Weise sich r und w durch die fortwährende Zweiteilung ändern, aber alles deutet darauf hin, dass wenn aus einer Zelle 2, 4, 8, 16... Zellen werden und inzwischen keine genügende Regeneration erfolgt, so wird sich der absolute und der relative Wert von w^2 vermindern. Dadurch muss sich das Anfangsverhältnis $r^2 < w^2$ zu $r^2 = w^2$ und dann zu $r^2 > w^2$ verwandeln, was zur Verminderung der Zellteilungsfähigkeit führt.

Stellen wir uns vor, dass die Koeffizienten r^2 und w^2 durch die öfter wiederholte Teilung beinahe gleich gross geworden sind, doch so, dass w^2 immer noch etwas grösser ist als r^2, also die im Punkt *a)* behandelte Situation $r^2 < w^2$ noch besteht und noch eine letzte Zweiteilung möglich ist. Die hier entstandenen Nachkommen haben im Verhältnis zu den Elternzellen geänderte r^2 und w^2 Koeffizienten, so dass nun w^2 kleiner wird

als r^2; dies bringt in Bezug auf den Ablauf der Lebenserscheinungen eine radikale Änderung zu Stande.

In dem unter *a)* beschriebenen Falle setzten wir voraus, dass jede Tochterzelle, deren Dämpfungskoeffizient r^2 kleiner ist als der Koeffizient der biomotorischen Kraft w^2, also $r^2 < w^2$, nach verhältnismässig kurzer Ruhepause, eventuell sogar noch während der Dauer der Periode, sich genügend regeneriert, so

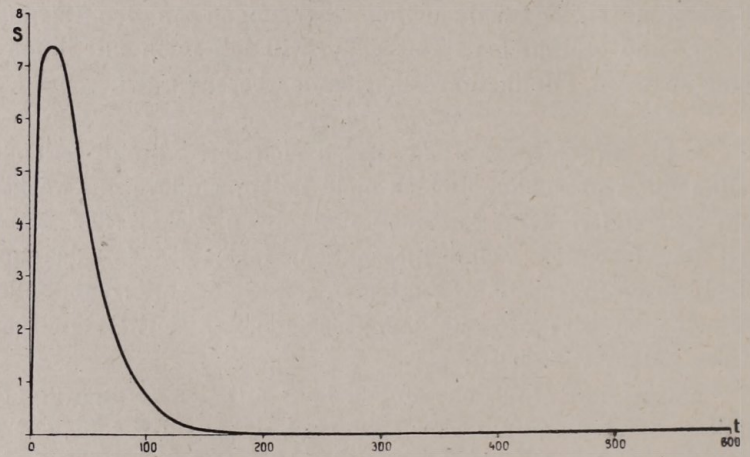


Fig. 8. Kurve der aperiodisch gedämpften Schwingung, wo $r^2 > w^2$ und $r = 0{\cdot}05$, $w = 0{\cdot}999995$. $r = 0{\cdot}0499995$, $v_0 = 1$, $m = \sqrt{r^2 - w^2} = 0{\cdot}000{,}223{,}6$ $a = v_0 : m = 4472{\cdot}2719$ Gleichung der Funktion $2s = ae^{-rt}(e^{mt} - e^{-mt}) = 2ae^{-rt} \sin h\, mt$, wie wir dies in (8 *a*) sehen. Im Verhältnis zu obigen Kurven ändert sich w, während r und v_0 dieselben sind wie in Fig. 2.

dass sie die Teilung der nächsten Periode beginnen kann. Im Falle aber, dass $r^2 > w^2$, wird sich die Zelle auch nach längerer Zeit nicht oder vielleicht nur in Ausnahmsfällen so weit regenerieren, dass sie eine neue Teilung beginnen könnte.

Wenn wir das Verhältnis $r^2 > w^2$ auf analytisch-mechanische Weise prüfen, so sehen wir, dass der Entwicklungsgang der mit solchen Eigenschaften entstandenen Zellen eine in Fig. 8, 9 und 10 dargestellte, *der aperiodisch gedämpften Schwingung* entsprechende Bahn durchlaufen muss, die keine autonome periodische Erscheinung, wie sie unter Punkt *a)* in den Kurven 2, 3, 4, 5 dargestellt wird, zulässt. Es können wohl noch er-

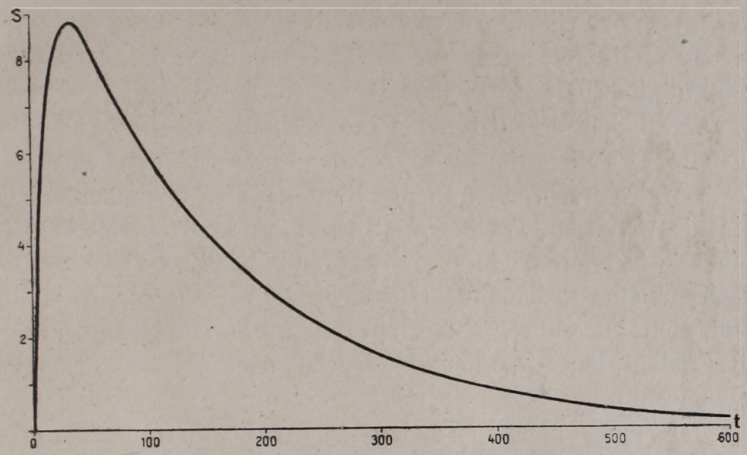


Fig. 9. Kurve der aperiodisch gedämpften Schwingung, wo $r^2 > w^2$ und $r=0{\cdot}05$, $w=0{\cdot}5$. $r=0{\cdot}025$, $v_0=1$, $m=\sqrt{r^2-w^2}=0{\cdot}043301$, $a=v_0 : m=23{\cdot}094$. Die Funktion wie (8) und (8 *a*). Im Verhältnis zu den vorigen Kurven ist nur w geändert.

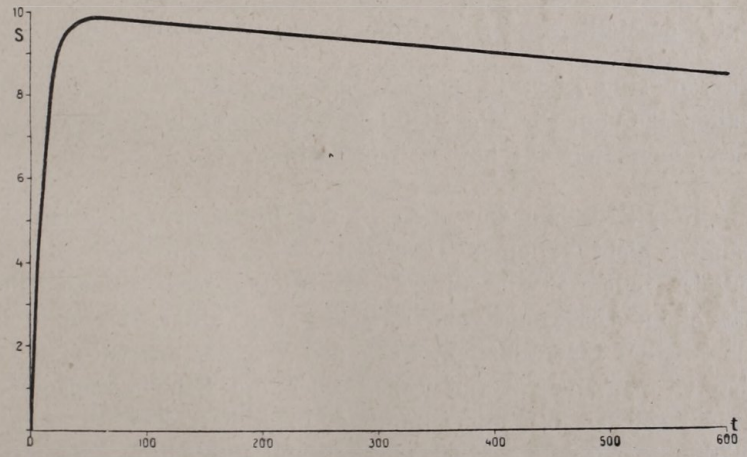


Fig. 10. Kurve der aperiodisch gedämpften Schwingung, wo $r^2 > w^2$ und $r=0{\cdot}05$, $w=0{\cdot}1$. $r=0{\cdot}005$, $v_0=1$, $m=\sqrt{r^2-w^2}=0{\cdot}049749$, $a=v_0 : m=20{\cdot}1008$. Die Funktion wie (8) und (8 *a*). Im Verhältnis zu den vorigen Kurven ist nur w geändert.

zwungene Schwingungen vorkommen, diese sind aber von sekundärem Charakter, wie z. B. die kleine Periode der Sachs'schen Hauptperiode der Entwicklung,

Die höher organisierten Pflanzen haben vielerlei Zellen und darunter welche, die einen solchen Lebensablauf zeigen. Auf diese Weise wachsen z. B. die Dauergewebe bildenden Zellen, wie die Tracheen, Tracheiden, Siebröhren, Begleitzellen etc., von denen wir wissen, dass sie während ihrer Entwicklungszeit wachsen, eine bedeutende Grösse erreichen, aber dann unfähig sind, sich zu teilen. Diese ontogenetische Entwicklung zeigen alle Zellen der Organismen, welche über die Teilungsperiode hinaus sind.

Ich muss hier aus meiner in der I. Mitteilung (Seite 30) gegebenen Zusammenfassung der Literatur den folgenden Satz zitieren: die bisherigen Forscher fassten die Resultate in dem Sinne zusammen, «dass der Entwicklungsgang aus inneren Gründen eine S förmige Kurve aufweist». Dieses Zitat bezieht sich nicht auf die Kurve, die — wie Fig. 8, 9 und 10 — den Gang von s darstellt, sondern auf die Kurve von $\int_0^t s\,dt$. Die beiden Kurven sind aber in engem Zusammenhange mit einander. Daher können wir die Richtigkeit der unter *b)* vorgetragenen Zusammenhänge für bewiesen betrachten.

I. *c)* Zwischen den unter *a)* und *b)* beschriebenen Erscheinungen giebt es einen Grenzfall, in welchem die Zellteilung aufhört, indem $r^2=w^2$ wird. Der Entwicklungsgang dieser Zellen hat einen Übergangstypus zwischen den unter *a)* und *b)* beschriebenen Eigenschaften. Nach den von der analytischen Mechanik gegebenen Aufklärungen über die Schwingungsgesetze ist ein solcher Fall unbestimmt, d. h. er hat einen Übergangscharakter zwischen der periodischen und aperiodisch gedämpften Schwingung. Biologisch ausgedrückt heisst dies, dass in diesem Grenzfalle die Zelle ihre Vermehrungsfähigkeit nicht gänzlich verliert, aber ihre von der Mutterzelle erhaltene Arbeitsfähigkeit so gering ist, dass sie die Vermehrungsfähigkeit nur unter günstigen biologischen Verhältnissen und nach längerer Ent-

wicklungszeit wiedergewinnen kann. Das Verhalten dieser Zellen steht zwischen den Typen Fig. 6 und Fig. 8, wie etwa der Entwicklungsgang der in den Dauergeweben unserer Bäume sich befindenden Holz- und Bastparenchymzellen und vielleicht der Holz- und Bastfasern etc. Wenn sich dergleichen Zellen nach längerer Ruhepause regenerieren und ihre Vermehrungsfähigkeit wiedergewinnen, so kann $r^2 < w^2$ werden, und sie nehmen dann einen in den Fig. 2—6 dargestellten Entwicklungsgang auf. Solche Zellen sind etwa die Parenchymzellen, aus welchen unsere Bäume ihre Wund-Vernarbungsgewebe, z. B. den Kallus, dann die Adventivknospen, die Adventivwurzeln und deren Initialzellen ihren Ursprung nehmen, und aus denen sie sich gradatim ausbilden. Solchen Charakter zeigen die gewöhnlich parenchymatischen Zellen der Epidermis, der Primärrinde, des Pericyclus oder sekundären Bastes, aus welchem sich das Phellogen herausbildet, also entstehen sämtliche sekundäre Meristemgewebe auf diese Weise.

Hingegen sind die Kambiumzellen, welche die sekundären Holz- und Bastgewebe herstellen, wie dies unsere Theorie erklärt und wie es auch die Anatomie lehrt, primären Ursprungs, denn die Zellen, aus denen das Kambium entsteht, benötigen keine längere Ruhe- und Regenerationszeit; sie sind auch ohne sie teilungsfähig. Das Kambium gehört also in die sub *a)* beschriebene Gruppe.

*

Betrachten wir die Zelleigenschaften nochmals, sowohl vom botanischen, wie auch vom analytisch-mechanischen Standpunkt, so sehen wir, dass die hier angeführten verschiedenen Zelltypen weder vom Standpunkt der Zellenlehre scharf gesondert, noch nach ihrem analytisch-mechanischen Charakter streng abgegrenzt sind. Tatsächlich finden wir alle möglichen Übergänge zwischen den beiden Grenzen, die durch die Zellenlehre und die Analytik gegeben werden. Halten wir z. B. die den Körper unserer Bäume bildenden verschiedenen Zelltypen vor Augen: die befruchtete Eizelle, die Initialzellen der Vegetationskegel der Sprossen und Wurzelspitzen, der Meristemzellen der Vegetationskegel, der Kambiumzellen, die Parenchymzellen der Grundgewebe, die

Parenchymzellen, die sich in den Holz- und Bastmarkstrahlen und zwischen den Leitungselementen befinden, die Begleitzellen der Bastgewebe, die Siebröhren, die Tracheiden und Tracheen der Holzgewebe! Wir finden bei ihnen verschiedene Abstufungen der Vermehrungsfähigkeit, von den grössten bis zur gänzlich fehlenden Vermehrungsfähigkeit, genau so, wie die Gleichung der Schwingungsbewegung jeden Übergang aufweist, je nach dem, wie in dem Verhältnis $r^2 < w^2$, $r^2 = w^2$ und $r^2 > w^2$ die Koeffizienten r^2 und w^2 in ihrer relativen und absoluten Grösse beschaffen sind.

Aus dem gegebenen Bilde ist klar ersichtlich, dass ein einzelliges Lebewesen, oder die über eine grosse biomotorische Kraft verfügende Initialzelle einer Knospe, bei der $r^2 < w^2$, sich rasch teilt, eine Schaar von Zellen erzeugt, wobei die nacheinander entstandenen Nachkommen in einer der Fig. 2—6 dargestellten Kurve ihre biomotorische Kraft einbüssen, u. z. umso mehr, je weiter sie vom Maximum, resp. je näher sie dem Minimum der Wellenlinie, also dem tiefsten Punkt der Wellenlinie kommen. Ein Teil der Zellen, die in der Nähe dieses tiefsten Punktes entstanden sind, wird noch $r^2 < w^2$ behalten, ein anderer überschreitet die Grenze, so dass $r^2 > w^2$ wird, ein Teil hingegen steht an der Grenze: $r^2 = w^2$. In beiden letzteren Fällen verliert die Zelle ihre Teilungsfähigkeit definitiv oder zeitweilig und wird zum Typus der Dauergewebe gehören. Hingegen jene Zellen, deren Zellteilung vor der unteren Grenze sistierte, so dass sie noch die Eigenschaft von $r^2 < w^2$ bewahrten, können sich noch regenerieren und bis zum Wellenberg angekommen, die Arbeitsfähigkeit der Mutter beinahe (Fig. 4, 3) oder auch gänzlich (Fig. 2) erreichen. Auf diese letztere Weise, also durch vollständige Regeneration bilden sich aus den Initialzellen unserer Baumknospen die Initialzellen der Nebenknospen; desgleichen entstehen auf diese Weise aus den Initialzellen die sich fortwährend teilen-könnenden Kambiumzellen.

Wir müssen hier bemerken, dass wenn wir die potentiale Form der Energie annehmen, so müssen wir laut dem Prinzipe der Erhaltung der Energie annehmen, dass auch die andere Form der Energie eine Rolle spielt, und dass bei der Schwin-

gung die potentiale mit der kinetischen Energie in ständigem Austausche steht. Beim Maximum der potentialen Energie hat die kinetische Energie ihr Minimum und umgekehrt. Dieser Austausch wiederholt sich bei dem spezialen Mechanismus der Zelle in jeder Periode. Man kann sich die Sache so vorstellen, dass die sich schnell teilenden kleindimensionierten Zellen ein grösseres Potential und kleinere kinetische Energie erhalten, während die zur Teilung weniger oder gar nicht fähigen, jedoch während ihres ontogenischen Entwicklungsganges zu grossen Dimensionen wachsenden Zellen mit kleinerem Potential und grösserer kinetischen Energie geboren werden. Natürlich müssen wir die Richtigkeit dieser Annahme gelegentlich späterer Untersuchungen noch revidieren.

*

II. Zum leichteren Verständnis des Vorgetragenen und des noch Vorzutragenden prüfen wir an der Hand von physikalischen Beispielen, wie an den in den Fig. 2, 3, 4, 5, 6 und 8, 9, 10 dargestellten Schwingungsfiguren jener innige Zusammenhang entsteht und wie diese Kurven, die wir beim Lebensablauf der Organismen gesehen haben, überhaupt entstehen.

In meiner I—III. Mitteilung wies ich öfter darauf hin, dass die Schwingungs- und Pendelbewegungen in der anorganischen Natur häufige Erscheinungen sind und in jedem Gebiet der Physik eine Rolle spielen. Die einfachste Schwingungsbewegung zeigt uns das Pendel. Ein auf einem Faden aufgehängtes Gewicht, welches wir aus seiner Ruhelage herausbrachten und welches nun durch sein Hin- und Herschwingen seine Ruhelage sucht.

Konstruieren wir das Pendel so, dass es schreiben könne! Wir geben nun dem Pendel in seiner Ruhelage einen Impuls, indem wir ihm einen Stoss geben. Das Pendel wird ausweichen und um seine Ruhelage herumpendeln. Wenn wir nun unter dem Pendel ein Papierblatt mit gleichförmiger Geschwindigkeit wegziehen, so wird die Schreibevorrichtung eine Form der Bewegung zeichnen, die einer der Figuren 2—10 ähnlich sein wird, je nach der verhältnismässigen Grösse der Koeffizienten r^2 und w^2.

Ist die das Pendel in Bewegung setzende und in Bewegung

haltende Kraft, deren Proportional-Koeffizienten wir mit w^2 bezeichnen, genügend gross, hingegen aber die Dämpfung, deren Koeffizienten wir mit r^2 bezeichnen, sehr klein, wenn also $r^2 < w^2$ ist: so wird das Pendel im Stande sein, viele Schwingungen nacheinander zu machen und die Dämpfung wird sich erst spät bemerkbar machen. Ein solches Pendel können wir im luftleeren Raum herstellen. Fig. 2 zeigt die Bewegung eines so langsam gedämpften Pendelganges.

Ein in der Luft sich bewegendes Pendel wird schon rascher gedämpft, weil es durch seine Bewegung durch die Luft an Energie fortwährend ärmer wird. Das Bild seiner Bewegung wird zwischen Fig. 2 und Fig. 3 zu finden sein.

Bewegt sich das Pendel in einem noch grösseren Widerstand bietenden Medium, wo also der Koeffizient r^2 noch grösser ist, so wird es, trotzdem es seine Schwingung mit derselben w^2 Kraft begonnen hat, rasch gedämpft und schon nach einigen wenigen Schwingungen wird es in die Nähe seiner Ruhestellung kommen. Diese Schwingung wird durch die Kurve Fig. 4 dargestellt. Hier ist wohl noch $r^2 < w^2$, doch da r^2 verhältnismässig gross ist, wird viel Energie zur Überwindung der Widerstände verbraucht, daher die rasche Dämpfung.

Denken wir uns dasselbe Pendel in einem noch grössere Reibung verursachenden Medium, z. B. in einer sirupdicken Flüssigkeit. Wir geben dem Pendel wieder denselben Stoss, wie in den früheren Experimenten, also hat w^2 wieder den früheren Wert. Wegen des grösseren Dämpfungskoeffizienten r^2 wird die Schwingung diesmal sehr langsam sein. Infolge des Impulses wird das Pendel den Gipfel seines Wellenberges erreichen, dort umkehren und langsam in seine Gleichgewichtslage kommen, wird aber nicht mehr die Kraft besitzen um auf die entgegengesetze Seite seiner Gleichgewichtslage hinüber zu kommen, sondern wird, wie dies Fig. 8 zeigt, sich langsam seiner Gleichgewichtslage nähern. Hier ist $r^2 > w^2$. Je grösser r^2 im Verhältnis zu w^2, desto langsamer nähert sich die Kurve der Abscissenaxe. Diese in den Fig. 8, 9 und 10 dargestellten Bewegungen nennen wir, da sie keine Perioden zeigen, aperiodische Bewegungen oder aperiodische Schwingungen.

Wiederholen wir unser Experiment mit Flüssigkeiten, die verschieden grossen Widerstand leisten, und suchen dann, wo sich die Grenze befindet, bis zu welcher das Pendel mit gleich grossem Impuls noch periodische Schwingung zeigt, jenseits welcher sich aber nur mehr aperiodische Schwingung ergibt. Dieser Grenzfall befindet sich dort, wo $r^2 = w^2$. Hier erhalten wir den Fig. 6 und 8 und den zwischen ihnen liegenden Kurven ähnliche. In jedem Medium, welches eine grössere Dämpfung erzeugt, ist $r^2 > w^2$ und in folge des grösseren Widerstandes ist dann die Schwingung aperiodisch. Es ist also begreiflich, dass — weil der Grenzfall $r^2 = w^2$ der periodischen Schwingung am nächsten steht — eine Zelle mit solcher Eigenschaft durch günstige biologische Verhältnisse immer neue Impulse erhält, sich leicht zu einer periodisch schwingenden regeneriert und aus der Reihe der Dauerzellen heraus wieder zu einer teilungsfähigen secundären Meristemzelle wird.

Wirkt auf das Pendel nur ein einziger Impuls, den es in Form eines Stosses erhielt, so wird, wie man sich leicht vorstellt, dieser Impuls rasch erlöschen und das Pendel wird sogar in einem geringen Widerstand leistenden Medium nur kurze Zeit schwingen. Soll das Pendel dauernd in Schwingung verbleiben, so bedürft es immer neuer Impulse zur Ersetzung seiner inzwischen verbrauchten Energie.

Die pendelartigen Schwingungen in den hier beschriebenen Lebenserscheinungen der Zelle sind nichts anders, wie die gleich einer periodischen Schwingung sich abspielende ständige Änderung der biomotorischen Kraftgrösse und Kraftrichtung in der sich teilenden Zelle, die dauernde Schwingung in der Grösse der Potentiale zur Folge hat. Zur Schwingung bekommt die Zelle den ersten Impuls von ihren Eltern. Den weiteren Ersatz bekommt sie von der aus der Nahrung frei werdenden biomotorischen Kraft, die in unendlich kleinen Zeiträumen einen immer erneuten Stoss abgibt. Der Zusammenhang, den die Gleichung der Schwingungsbewegung darstellt, folgt aus dem inneren Aufbau der Lebewesen, *aus der Wirkung der biomotorischen Kraft und aus dem Widerstand (Dämpfung), den das Lebewesen der biomotorischen Kraft gegenüber ausübt.* Diese Tatsache ist am

I. Tabelle.

No	r	w	v_0	$-\varphi = 2v_0 \cdot r$	M u. m	A u. a	$\frac{w}{r} = p$	$\frac{r}{w} = \frac{1}{p}$	Entspricht den Fig. 2—10 in den dort angegebenen Grössen
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0·05	∞	1	0·1	∞	0	∞	lim 0	—
2	0·05	50·00	1	0·1	49·99997	0·020	1000	0·001	Fig. 2
3	0·05	1·00	1	0·1	0·99875	1·00125	20	0·05	« 3
4	0·05	0·50	1	0·1	0·4975	2·0100	10	0·1	« 4
5	0·05	0·10	1	0·1	0·0866	11·547	2	0·5	« 5
6	0·05	0·051	1	0·1	0·01005	99·503	1·02	0·980392	« 6
7	0·05	0·05	1	0·1	0	∞	1	1	Zwischen Fig. 6 u. 8 stehender Typus
8	0·05	0·0499995	1	0·1	0·000,223,6	4472·27	0·999999	1·0001	Fig. 8
9	0·05	0·025	1	0·1	0·043301	23·0940	0·5	2·0	« 9
10	0·05	0·005	1	0·1	0·049749	20·1008	0·1	10·0	« 10
11	0·05	0·00005	1	0·1	0·0499999	20·001	0·001	1000	Ähnlich der Fig. 10
12	0·05	lim 0	1	0·1	0 05	20·0	lim 0	∞	—

II. Tabelle.

No	r	w	v_0	$-\varphi = 2v_0 \cdot r$	M u. m	A u. a	$\frac{r}{w} = q$	$\frac{w}{r} = \frac{1}{q}$	Den Grössen von s entsprechen die Fig. 10—2 oder ihnen ähnliche
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	∞	0·05	1	∞	∞	0	∞	0	—
2	50·00	0·05	1	100·0	49·99997	0·02	1000	0·001	Ähnlich der Fig. 10
3	1·00	0·05	1	2·0	0·99875	1·0012	20	0·05	Zwischen Fig. 9 und 10
4	0·50	0·05	1	1·0	0·4975	2·01	10	0·1	Ähnlich der Fig. 9
5	0·10	0·05	1	0.2	0·0866	11·547	2·0	0·5	Zwischen Fig. 8 und 9
6	0·051	0·05	1	0·102	0·01005	99·503	1·02	0·980392	Ähnlich der Fig. 8
7	0·050	0·05	1	0·1	0	∞	1·0	1·0	Zwischen Fig. 6—8
8	0·0499995	0·05	1	0·09999	0·000,223,6	4472·27	0·99999	1·0001	Ähnlich der Fig. 6
9	0·025	0·05	1	0·050	0·0433	23·09	0·5	2	Ähnlich der Fig. 5
10	0·005	0·05	1	0·01	0·0497	20·10	0·1	10	Ähnlich der Fig. 4
11	0·00005	0·05	1	0·0001	0·0499999	20·001	0·001	1000	Ähnlich der Fig. 2
12	0	0·05	1	0	0·05	20·0	0	∞	—

deutlichsten ersichtlich in der die Beschleunigung ausdrückenden Differentialgleichung (I. und III. Mitteilung s. 38 resp. s. 89.). Diese Lebensreaktionen im Verlauf der Zeit spielen sich in der in den Gleichungen aufgezeigten Weise ab. In Bezug auf die aperiodischen Schwingung finden wir sie in der I—III. Mitteilung und bezüglich der periodisch gedämpften Schwingung behandelten wir sie in der gegenwärtigen IV. Mitteilung.

Das in I. unter *a)*, *b)* und *c)* die Zellteilung betreffende Beispiel und das in II. gegebene physikalische Beispiel decken sich scheinbar nicht, weil wir im ersten Falle den Koeffizienten r als konstant und w als wechselnd annahmen; während wir im zweiten Falle umgekehrt vorgingen. Das kann aber zu keinem Irrtum führen, denn beide Möglichkeiten stehen uns offen. Es kann jeder Koeffizient allein, oder es können auch beide zusammen sich in der Zelle ändern.

Nehmen wir der Einfachkeit halber die Anfangsgeschwindigkeit v_0 als Konstante, $v_0 = 1$ und von den Grössen r und w verändern wir vorläufig nur die eine. Es sei z. B. $r = 0{\cdot}05$ konstant und w variiere zwischen ∞ und 0, wie dies Tabelle I. Zeile 1—12 zeigt. Dann erhalten wir für die s sämtliche Formen der periodischen und aperiodischen Schwingungen, wie dies aus den Figuren 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9 und 10 ersichtlich ist.

Umgekehrt, wenn wir w als konstant annehmen, z. B. $w = 0{\cdot}05$ und die Grösse von r zwischen ∞ und 0 variiren, wie in Tabelle II, so erhalten wir auch hier die Formen der periodischen und aperiodischen Schwingungen für die Grössen von s, natürlich mit den entsprechenden Verschiebungen je nach den absoluten Grössen von w und r und in umgekehrter Reihenfolge, wie dies die Figuren 10, 9, 8, 6, 5, 4, 3, 2 zeigen und wie hierauf Rubrik 10 der Tab. II Bezug nimmt.

Bei der Entstehung der Zelle können natürlich je nach dem Zustande der Eltern auch alle 3 Koeffizienten w, r, v sich ändern, wodurch sich die Grössen der s in Folge viel komplizierterer Zusammenhänge ausbilden werden, als bei der Änderung blos eines Koeffizienten.

In meiner III. Mitteilung wies ich bereits auf die grosse Wichtigkeit der dort *Grundfaktoren* benannten Koeffizienten $w, r,$

v. Aus der gegenwärtigen Mitteilung ist in noch grösserem Masse ersichtlich, dass ihre absolute und dann zu einander relative Grösse dafür bestimmend ist, ob die entstandene Zelle meristematisch bleibt und als solche eine phylogenetische Richtung verfolgend, Teil nimmt an der Erhaltung und Weiterentwicklung der Familie, der Gattung, der Art, etc. oder ob sie auf der aperiodischen Bahn, nach ontogenischer Entwicklung, abstirbt.

Nun müssten die auf verschiedene äussere und innere biologische Einwirkungen entstehenden Änderungen der Grundfaktoren *w*, *r*, *v*, dann die Änderungen die sich in Folge der Zellteilung und damit auch in der Elongation *s*, in der Grösse der biomotorischen Kraft und in deren Potential einstellen, mit Hilfe eingehender Untersuchungen aufgeklärt werden. Dazu steht mir aber weder das Laboratorium, noch das Geld, noch die Hilfsarbeiterschaft zur Verfügung.

Die periodische Schwingung der biomotorischen Kraft macht die Herkunft der in vielerlei Form sich offenbarenden rytmischen Erscheinungen verständlich, dann die Gewebeevolution, die Reihenfolge in der Entstehung verschiedener Organe, Knospen, Blätter, ihre Herkunft und Lokalisation, die wir bisher nicht erklären konnten. Von diesen Zusammenhängen, oder von der Anwendung dieser Theorie zum Verständnis des Aufbaues des Pflanzenstammes möchte ich in einer späteren Mitteilung sprechen.

Das wichtigste Resultat meiner bisherigen Erörterung ist, *dass wir die Koeffizienten w, r, v, welche die Eigenschaften der zwei Haupttypen der Zellen (der sich teilenden und der Dauerzellen), regeln, für beide Fälle als giltig erkannten, und dass wir ihre Erscheinungen mit Hilfe der Methoden der theoretischen Physik verfolgen können; ferner dass wir den Zusammenhang zwischen den zwei Kapiteln der Evolution, und zwar der zum Kreis der Phylogenesis gehörenden Zellteilung und der den Charakter der Ontogenesis tragenden individuellen Entwicklung erkannten.*

In meiner nächsten Mitteilung gedenke ich diese beiden Formen der Schwingungsbewegungen am Beispiel einzelliger Pflanzen (Gärungspilze) experimentell nachzuweisen.

Zusammenfassung der I. Mitteilung.

DIE ROLLE DER APERIODISCH GEDÄMPFTEN SCHWINGUNGEN IN DEN LEBENSERSCHEINUNGEN.

Bei der Erforschung des Ablaufes der Lebenserscheinungen untersuchte ich nicht die *S*-förmige Kurve des ontogenetischen Entwicklungsganges, wie dies die bisherigen Forscher taten, sondern ich nahm die Sachs'-*sche «grosse Periode des Wachstums der Lebewesen»*, an der ich erkannte, *dass sie die grösste Ähnlichkeit habe mit der die aperiodisch gedämpfte harmonische Schwingungsbewegung darstellenden Kurve.*

Die Gleichung der aperiodisch gedämpften Schwingungsbewegung lautet:

$$2s = ae^{-(r-\sqrt{r^2-w^2})t} + be^{-(r+\sqrt{r^2-w^2})t}. \tag{1}$$

Hier bedeutet s die der Zeit t entsprechende Schwingungsgrösse (Elongation), welche mit irgend einer Lebenserscheinung eines Lebewesens proportional angenommen werden kann; $e=2{\cdot}71828\ldots$ ist die Basis der natürlichen Logarithmen; a, b, r, w sind Koeffizienten, deren Bedeutung wir im Verlaufe unserer weiteren Erörterungen finden werden.

Wir setzen zur Abkürzung

$$m = \sqrt{r^2-w^2}, \text{ wo } r^2 > w^2. \tag{2}$$

Folglich ist m eine reelle Grösse. Wenn wir (2) in die Gleichung (1) einsetzen, so erhalten wir:

$$2s = ae^{-(r-m)t} + be^{-(r+m)t}. \tag{1a}$$

Das Integral von (1), resp. (1a) ist:

$$2S = 2\int_0^t s\,dt =$$

$$= -\frac{a}{r-m}e^{-(r-m)t} - \frac{b}{r+m}e^{-(r+m)t} + \frac{a}{r-m} + \frac{b}{r+m}. \tag{3}$$

Um die Übereinstimmung der einerseits durch das Experiment erzielten und anderseits durch die Rechnung erhaltenen Werte zu zeigen, führe ich als Beispiel das Längenwachstum der Fichte (Picea excelsa) von 200 Jahren an, wie dieses einer-

seits gemessen und anderseits durch die Gleichungen (1) und (3) berechnet wird.

Der Vergleich zeigt, *dass die Gesetzmässigkeit im Wachstum und verschiedener mit dem Wachstum zusammenhängenden Lebenserscheinungen übereinstimmt mit der Gesetzmässigkeit der aperiodisch gedämpften Schwingung.*

Zur grösseren Verständlichkeit muss ich nochmals bemerken, dass wir unter s=Wachstum, etc. einen Grenzwert, $s = \lim \Delta S/\Delta t = dS/dt$ verstehen; S kann die verschiedensten Bedeutungen haben, wie Gewicht, Länge, Breite, Volumen, Anzahl, assimilierte oder dissimilierte Nahrung, produzierte Wärme, etc. eines ein- oder mehrzelligen Wesens; t ist die zum Ablauf einer hier genannten Lebenserscheinung benötigte Zeit.

Bereits wenn wir (wie in der Mechanik) voraussetzen, dass r, w, a, b Konstante sind, ergeben die obigen Gleichungen in erster Annäherung eine brauchbare mathematische Darstellung des Ablaufes der Lebenserscheinungen.

Lassen wir diese Voraussetzung fallen und betrachten r, w, a, b als mit den biologischen Verhältnissen variabel, so können wir mit Hilfe der Gleichungen (3) und (1) sowohl die in der ontogenetischen Entwickelung sich ergebenden Abweichungen kleinere oder grössere Schwankungen, eventuell die sich zeigenden Periodizitäten, als auch die in der Sachs'schen grossen Periode des Wachstums auftretenden kompliziert erscheinenden Modifikationen ausdrücken, so dass dann die theoretischen Berechnungen sich mit den im Experiment erhaltenen Resultaten decken.

Zusammenfassung der II. Mitteilung.

BEWEIS, DASS DIE KOEFFIZIENTEN DER GEDÄMPFTEN SCHWINGUNG, DIE SICH BEI DER ENTWICKLUNG DER LEBEWESEN ZEIGEN, JE NACH DEN BIOLOGISCHEN VERHÄLTNISSEN VERÄNDERLICH SIND.

In dieser Abhandlung untersuchte ich den Verlauf des Wachstums von auf 5 verschiedenen Standortsklassen gewachsenen Fichten, derart, dass ich aus den Daten der grossen

Sachs'schen Periode des Baumwachstums die Koeffizienten der aperiodisch gedämpften Schwingung berechnete. Sodann verglich ich in einem rechtwinkligen Koordinatensystem die Grössen der biologischen Verhältnisse mit den Grössen der Koeffizienten w_V, w_{IV}, w_{III},...; r_V, r_{IV}, r_{III},...; a_V, a_{IV}, a_{III},...; b_V, b_{IV}, b_{III},...; und zwar derart, dass ich die unter verschiedenen biologischen Verhältnissen in 150 Jahren erreichten Baumhöhen als proportionell mit der Güte der biologischen Verhältnisse annahm. Die Baumhöhen habe ich als Abscissen, die den Koeffizienten entsprechenden Werte als Ordinaten aufgetragen. Die erhaltenen Punkte verband ich mit einer Linie, die den Zusammenhang zwischen den biologischen Verhältnissen und den Grössen der Koeffizienten veranschaulicht. Die bei den so erhaltenen Kurven ersichtliche Regelmässigkeit beweist, dass die Grössen der Schwingungskoeffizienten sich mit den biologischen Verhältnissen ändern.

Zu demselben Resultat gelangt man auch durch rein theoretische Überlegung.

Wir können somit für bewiesen betrachten, *dass die Gesetzmässigkeit im Wachstum und verschiedener mit dem Wachstum zusammenhängenden Lebenserscheinungen übereinstimmt mit der Gesetzmässigkeit der aperiodisch gedämpften Schwingung, wobei aber die Koeffizienten w, r, a, b der gedämpften Schwingung sich je nach den biologischen Verhältnissen ändern.*

Zusammenfassung der III. Mitteilung.

BIOPHYSIKALISCHE ERKLÄRUNG DER KOEFFIZIENTEN DER GEDÄMPFTEN SCHWINGUNG.

Aus der Übereinstimmung der Gesetzmässigkeit im Wachstum und in verschiedenen mit dem Wachstum zusammenhängenden Lebenserscheinungen mit der Gesetzmässigkeit der aperiodisch gedämpften Schwingung, müssen wir wichtige Konsequenzen ableiten:

Nach unseren bisherigen Kenntnissen kann eine gedämpfte Schwingung nur dann entstehen, wenn auf den schwingungsfähigen Körper eine die Bewegung verursachende, bewegende

Kraft, und gleichzeitig ein die Bewegung dämpfender Widerstand einwirkt.

Aus den im Vorherigen gegebenen Beweisen folgt, *dass auch bei der Funktion der lebenden Organismen eine Kraft und ein Widerstand im Spiele sind.* Die hierzu benötigte Energie erhält der Organismus aus seiner Nahrung.

Die in der Nahrung enthaltene chemische potentielle Energie verwandelt sich, während sie in der Zelle frei wird, in eine spezielle Energie um, welche ich *biomotorische Energie nenne.* Diese, spezielle Eigenschaften besitzende Energieart befähigt den Organismus spezielle Arbeiten zu leisten. Sie bringt die charakteristischen Lebenserscheinungen, wie Zellvermehrung, Wachstum, Ernährung und andere Erscheinungen zustande.

Auf dieser Grundlage kann das Leben folgender Weise aufgefasst werden: *Die biomotorische Energie verbreitet sich in den Stoffen nach ihrer speziellen Gesetzen und macht dadurch die Stoffe lebend. Sie leben, so lange diese Energie in ihnen wirksam ist. Wenn die Wirkung dieser Energie aufhört, tritt der Tod ein.*

Die analytischen Erörterungen zeigen uns, dass von den in der Gleichung der gedämpften Schwingung vorkommenden w, r, a, b Koeffizienten, w der proportionelle Faktor derjenigen Energie ist, welche die Bewegung verursacht, während r der proportionelle Faktor der Bewegungsdämpfung ist. Die Koeffizienten a und b können auf Grund biophysischer und analytischer Erwägungen zu einem einzigen Faktor zusammengezogen werden und dadurch erhalten wir einen Ausdruck, in welchem ebenfalls die Faktoren w und r und die Anfangsgeschwindigkeit v_0 vorkommen. In Folge dieser Vereinfachung braucht man nun statt 4 nur mehr 3 Koeffizienten in Betracht zu ziehen, deren jeder einen biophysisch genau bestimmten Sinn besitzt.

Die analytischen Erwägungen zeigen uns auch, dass die Nachkommen der Lebewesen die Anfangswerte der Faktoren w, r, v_0 von den Eltern erben. Vom Standpunkte der Vererbungs- und Entwicklungslehre sind die Faktoren w, r, v_0 von grösster Bedeutung.

Die Werte der Koeffizienten w, r, v können sich je nach

den biologischen Verhältnissen ändern, unter günstigen Umständen können sie zunehmen, unter ungünstigen abnehmen, aber eine gewisse Grösse müssen sie zur Erhaltung der Lebewesen stets haben. Sie sind es, die *die Arbeitsfähigkeit* und *die Intensität* der Ernährung, des Wachstums und der Vermehrung bestimmen.

Zusammenfassung der IV. Mitteilung.

DIE ÄNDERUNG DER BIOMOTORISCHEN KRAFT, DIE BEI DER ZELLTEILUNG EINE PERIODISCHE SCHWINGUNG ZEIGT.

In meiner I., II. und III. Mitteilung über die «Erläuterung der Gesetzmässigkeiten im Verlaufe der Lebenserscheinungen lebender Wesen» zeigte ich, dass wir den Ablauf in der Entwicklung der Lebewesen mit der Gleichung der aperiodisch gedämpften Schwingung verfolgen können. Diese Gleichung enthält vier unbestimmte Koeffizienten: w, r, v_o. Die durch diese Koeffizienten repräsentierten Grössen bekommt das Lebewesen von seinen Eltern mit und da diese Koeffizienten im Verlaufe des Lebens der Eltern nicht konstant sind, sondern sich nach äusseren und inneren biologischen Verhältnissen ändern, werden die Nachkommen, die von den Eltern zu verschiedenen Zeiten erzeugt werden, nicht gleiche Eigenschaften besitzen. Je nach den mitbekommenen Koeffizineten w, r, v_o wird ihre Entwicklungsintensität, ihre Arbeitsfähigkeit und andere Eigenschaften sich ändern. Aufgabe der gegenwärtigen Arbeit ist zu zeigen, dass die sich aus ein und derselben Pflanzenzelle zu verschiedenen Zeiten auf vegetativem Wege entstandenen Nachkommen keine identische Entwicklung zeigen, da sie von ihren Eltern nicht die gleiche Arbeitsfähigkeit als Mitgabe bekamen und gerade von dieser Mitgift hängt es ab, ob sie teilungsfähige Meristemzellen bleiben oder ob sie sich zu einem Dauergewebe umformen.

Die biologischen Erfahrungen zeigen, dass sich bei der Entwicklung der Lebewesen zwei wohl abgesonderte Erscheinungen abspielen: 1. die, der Philogenesis zugehörige Zellvermehrung und 2. die, der Ontogenesis zugehörige, individuelle

Entwicklung der Zelle. Nach meiner Meinung kann der Ablauf bei den Erscheinungen als Offenbarung der biomotorischen Kraft erklärt werden und diese können wir mit den Schwingungsgesetzen genau verfolgen.

Gleichgiltig welche Zellteilungsart (indirekte oder direkte Zellteilung, Sprossung etc.) wir auch betrachten, müssen wir bei jeder zwei wichtige Phasen unterscheiden: die eine ist die *Phase der Teilung*, die andere ist die *Phase der Regeneration*. Teilung und Regeneration müssen einander periodisch folgen, denn wenn die Zelle ihren durch die Teilung entstandenen Stoff- und Energieverlust mit Hilfe der Regeneration nicht ersetzt, so wird sie unfähig sich über eine gewisse Grenze hinaus weiter zu teilen, sie verliert den Meristemcharakter und kann nur zu einer Dauerzelle umgeformt ihre Lebensfunktion fortsetzen.

In meiner I. Mitteilung bewies ich, dass die bei der ontogenetischen Entwicklung beobachtete sogenannte S förmige Kurve durch eine Funktion ausgedrückt wird, deren zeitliche Änderung identisch ist mit dem s Verlauf der aperiodisch gedämpften Schwingung. Dieser aperiodische Verlauf der Änderung in der Entwicklung bezieht sich aber nur auf die sich nicht teilenden, sogenannten Dauerzellen. Der Entwicklungsgang der sich teilenden Meristemzellen, also die durch die Teilung und Regeneration hervorgerufene rythmische Schwankung wird durch die *periodisch gedämpfte Schwingung* ausgedrückt. Zwischen beiden Erscheinungen ist der Unterschied nur im Verhältnis zwischen den Koefflzienten w und r gelegen: bei der aperiodischen Schwingung ist nähmlich $r^2 > w^2$, bei der periodischen aber $r^2 < w^2$. Wenn die Zelle von ihren Eltern grosses w und kleines r mitbekommt, so wird sie eine grosse Leistungsfähigkeit haben, sie wird sich oft nacheinander teilen können, wie wir dies bei den Meristemzellen sehen. Wenn nach oftmaliger Teilung die Arbeitsfähigkeit der Zelle erschöpft ist und sie sich nicht mehr regenerieren kann, so wird der Koeffizient w klein und r gross, also $r^2 > w^2$. In diesem Falle vermag sich die Zelle nicht mehr zu teilen, sie wird zu einer Dauerzelle und beendet ihr Leben auf der aperiodischen Laufbahn, wie die Tracheen, Tracheiden, Siebröhren, Geleitzellen etc.

Bezüglich der sich teilenden Zellen können wir annehmen, dass jede Tochterzelle in entsprechender Proportion von ihrer Mutter so grosse Fähigkeiten erhält, als diese an biomotorischer Kraft im Moment der Teilung besass. Da jedoch die biomotorische Kraft — entsprechend den periodischen Schwingungen — sich bei der mehrmaligen periodisch sich teilenden Mutterzelle ändert, werden auch die Nachkommen mit verschiedener grosser Arbeitsfähigkeit antreten.

Die periodischen Schwankungen der biomotorischen Kraft machen die Herkunft der in vielerlei Form sich offenbarenden rythmischen Erscheinungen verständlich, dann die Gewebeevolution, die Reihenfolge in der Entstehung verschiedener Organe, Knospen, Blätter, ihre Herkunft und Lokalisation, die wir bisher nicht erklären konnten.

Das wichtigste Resultat meiner bisherigen Erörterung ist, *dass wier die Koeffizienten* w, r, v_0, *welche die Eigenschaften der zwei Haupttypen der Zellen (die sich teilenden Zellen und Dauerzellen) regeln, für beide Fälle als giltig erkannten und dass wir ihre Erscheinungen mit Hilfe der Methoden der theoretischen Physik verfolgen können; ferner dass wir den Zusammenhang zwischen der zum Kreis der Phylogenesis gehörenden Zellteilung und der den Charakter der Ontogenesis tragenden individuellen Entwicklung erkannten.*

Mit Hilfe der hier niedergelegten Grundsätze sind wir im Stande den Aufbau der einzelligen, der fadenförmigen, und der drei dimensionalen Pflanzen, ihrer meristematischen und Dauerzellen, die Entwicklung ihrer Blätter und Knospen zu erklären.

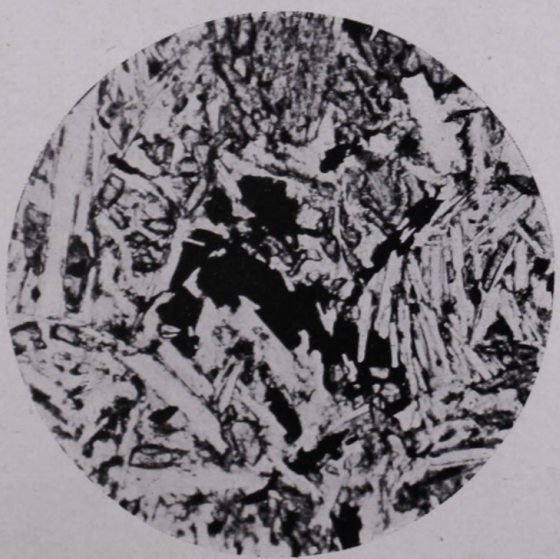
In meiner nächsten Mitteilung gedenke ich diese beiden Formen der Schwingungsbewegung am Beispiel einzelliger Pflanzen (Gährungspilze) experimentell nachzuweisen.

MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA KÖNYVTÁRA

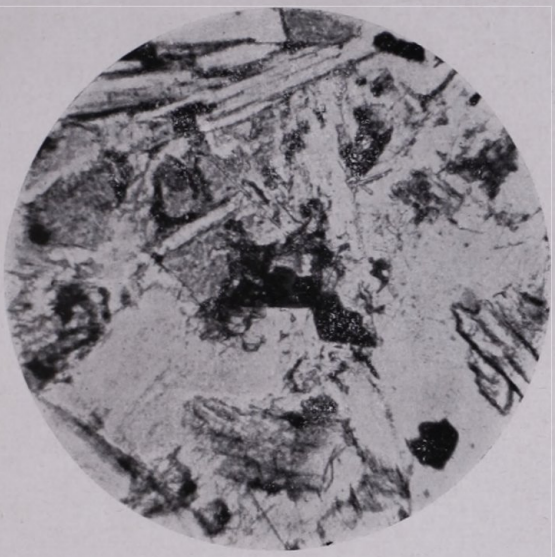
1.

2.

3.



4.

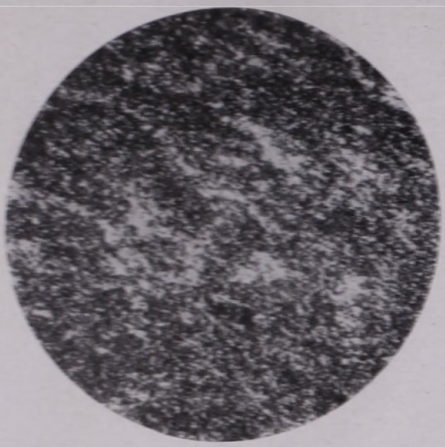


5.

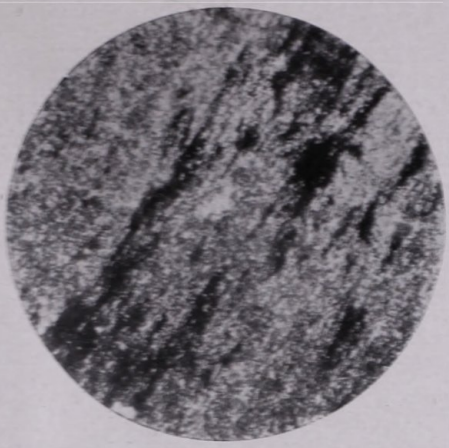
6.

Math. und Naturwiss. Berichte aus Ungarn. Bd. XXXVII. Tafel IV. 1930.

A. Vendl: Petrographische Untersuchung der paläolithischen Abspliesse aus der Höhle Büdöspest.



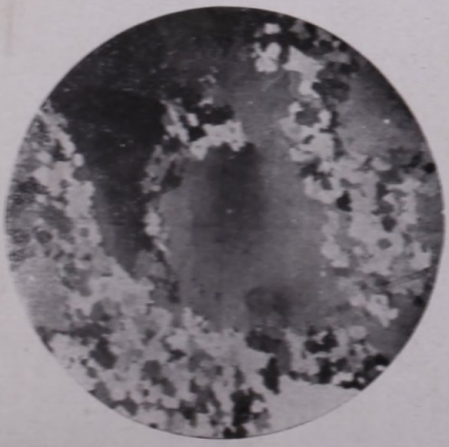
1



2

3

4



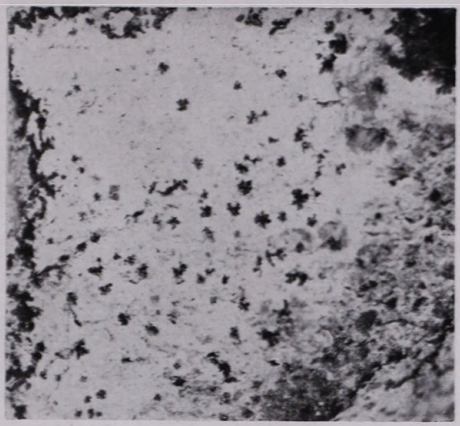
5

6

Math. und Naturwiss. Berichte aus Ungarn, Bd. XXXVII. Tafel V. 1930.

A. Kutassy: Das vorkommen der Heterastridien in der ungarischen Trias.

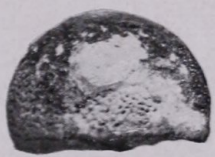
2



2 *a*

1

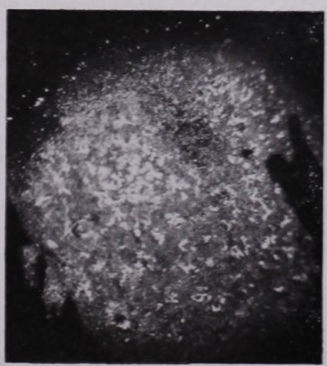
3



3 *a*

4

5



7

4 *a*

6

phot.: Dömök T. Budapest.

M.T. AKADÉMIA
KÖNYV-
TÁRA